

**Efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento de la planta y el rendimiento en
arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico)**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,
Área Producción Vegetal*

Marcela Patricia Borda

Ingeniera Agrónoma

Título otorgado por la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, 2008

Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Lomas de Zamora



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



COMITÉ CONSEJERO

Director de tesis

Norberto Francisco Gariglio

Ingeniero Agrónomo – Universidad Nacional del Litoral

Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia

Consejera de Estudios

María de los Ángeles Pescie

Ingeniera Agrónoma – Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Master of Science - Oregon State University

JURADO DE TESIS

Director de tesis

Norberto Francisco Gariglio

Ingeniero Agrónomo – Universidad Nacional del Litoral

Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia

JURADO

Enrique Eduardo Sánchez

Ingeniero Agrónomo – Universidad Nacional del Sur

Ph. D. – Oregon State University

JURADO

Liliana Beatriz Windauer

Ingeniera Agrónoma - Universidad de Buenos Aires

Doctora en Ciencias Agropecuarias - Universidad de Buenos Aires

Fecha de defensa de tesis: 17 de marzo de 2015

*A los pilares de mi vida,
Gabriel, Humberto y Esmeralda.*

Agradecimientos:

- A mi amado Gabriel. Porque sin tu comprensión, compañía, tenacidad y dedicación nunca lo hubiera logrado ¡Gracias por regalarme el privilegio de amarte!
- A mis padres, Humberto y Esmeralda, quienes creyeron en mí y con humildad y mucho esfuerzo me ayudaron y apoyaron en cada paso de mi vida.
- A mi mejor amiga y colega, Juliana, que me honra y enaltece con su amistad.
- A mi siberiano, Lupo, por acompañarme incondicionalmente durante las largas horas de escritura.
- A mi ángel, que desde algún lugar siempre está...iluminándome.
- A mi director. Por haber confiado en mí, por haberme guiado y acompañado en este proyecto. Y porque gracias a ello, descubrí a un excelente académico y mejor persona. ¡Gracias Norberto!
- A mi co-directora. Porque el aporte de tus conocimientos, experiencia y capacidad pusieron luz en mis momentos de incertidumbre. ¡Gracias Marieles!
- A Nora Abbiati, por las clases relámpago de estadística, la paciencia y la buena disposición.
- A Daniel Alonso, por poner su ingenio y buena voluntad en algunas técnicas del laboratorio.
- A Franco, por permitirme realizar el ensayo en sus instalaciones.
- A mis compañeros de la Cátedra de Fruticultura, por cubrirme en tiempos de cursos y entrega de tesis. Gracias Alejandro, Marieles y Daniela. Y especialmente al Ing. Agr. Oscar Ballester, porque aunque ya no esté con nosotros siempre voy a agradecerle mi pasión por la Fruticultura.
- A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- A la Escuela para graduados *Ing. Agr. Alberto Soriano*.

“...Aquello que llevas en tu corazón nunca muere, si lo has creído una vez podrás volver a hacerlo, si lo has creído verdaderamente como yo lo creí”...

Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo, y que este material no lo he presentado, en forma total o parcial, como una tesis en ésta u otra institución.

Marcela Patricia Borda

Los resultados presentados en esta tesis están parcialmente incluidos en los siguientes trabajos:

- Borda, M. P.; Pescie, M. A.; Gariglio, N. F. 2009. Cosecha temprana en Arándanos Altos del Sur (*Vaccinium corymbosum* hybrids). Su posible efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo en la Argentina. XXXII Congreso Argentino de Horticultura. Salta. Libro de resúmenes, p 130.
- Borda, M. P.; Pescie, M. A.; Gariglio, N. F. 2010. Cosecha temprana en arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico). Efectos sobre el crecimiento vegetativo. XXXIII Congreso Argentino de Horticultura. Rosario, Santa Fe. Libro de resúmenes, p 101.
- Borda, M. P.; Pescie, M. A.; Gariglio, N. F. 2011. Efecto de la cosecha temprana sobre el rendimiento en plantas de diferente vigor de arándanos altos del sur. XXXIV Congreso Argentino de Horticultura. Buenos Aires. Libro de resúmenes, p 149.
- Borda, M. P.; Pescie, M. A.; Gariglio, N. F. 2011. La cosecha temprana no afectó el crecimiento vegetativo en variedades de distinto vigor de arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico). XXXIV Congreso Argentino de Horticultura. Buenos Aires. Libro de resúmenes, p 150.
- Borda, M.; Pescie, M.; Gariglio, N. 2012. Efecto de distintas densidades de fruto sobre el desarrollo vegetativo en arándanos altos del sur. XXIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Buenos Aires. Libro de resúmenes, p 271.
- Borda, M.; Pescie, M.; Gariglio, N. 2012. Efecto de la remoción de yemas florales sobre la distribución de materia seca en plantas jóvenes de arándanos altos del sur. XXIX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Buenos Aires. Libro de resúmenes, p 271.
- Borda, M.; Pescie, M.; Ortiz, D.; Gariglio N. 2013. Efecto de la presencia del fruto sobre la concentración de carbohidratos en órganos de reserva de arándanos altos del sur. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura. Salta. Libro de resúmenes, p 133.
- Borda, M.; Pescie, M.; Ortiz, D.; Gariglio N. 2013. Efecto de la carga frutal sobre la partición de asimilados en arándanos altos del sur. XXXVI Congreso Argentino de Horticultura. Salta. Libro de resúmenes, p 134.
- Borda, Marcela; Pescie, María; Gariglio, Norberto. 2014. Efecto del raleo de yemas florales sobre el nitrógeno de reserva en plantas jóvenes de arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico). XXX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mar del Plata, Buenos Aires. Libro de resúmenes, p 157.
- Borda, M. P.; Pescie, M. A.; Gariglio, N. F. 2014. La cosecha temprana no afectó el crecimiento en plantas jóvenes de arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico). XXXVII Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza. Libro de resúmenes, p 72.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	V
INDICE DE TABLAS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIV

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL..... 1

I.1. Origen y clasificación taxonómica.....	1
I.2. Valor nutritivo.....	1
I.3. Importancia del cultivo.....	2
I.4. El cultivo del arándano en Argentina.....	3
I.5. Morfología de la planta.....	4
I.6. La cosecha temprana de arándanos.....	7
I.6.1. Efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento vegetativo reproductivo de la planta.....	7
I.6.2. Efecto de la cosecha temprana sobre la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz.....	8
I.6.2.1. Efecto de la cosecha temprana sobre la producción y la partición de asimilados en la planta.....	8
I.6.2.2. Efecto de la cosecha temprana sobre las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz.....	8
I.7. Objetivos.....	9
I.7.1. Objetivo general	9
I.7.2. Objetivos específicos.....	9
I.8. Hipótesis de trabajo	10

CAPÍTULO II. EFECTO DE LA COSECHA TEMPRANA SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO EN ARÁNDANOS ALTOS DEL SUR.....11

II.1. INTRODUCCIÓN.....	11
II.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
II.2.1. Localización del ensayo.....	12
II.2.2. Material vegetal y del ensayo.....	13
II.2.3. Tratamientos.....	14
II.2.4. Metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos.....	14
II.2.4.1. Determinar el efecto de la presencia del fruto sobre el crecimiento de los brotes y de las hojas.....	14
II.2.4.2. Determinar el efecto del raleo de yemas florales sobre los componentes del rendimiento.....	15
II.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	16
II.3. RESULTADOS.....	19
II.3.1. Análisis de las variables reproductivas de la variedad ‘Star’.....	19
II.3.2. Análisis de las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’.....	23
II.3.3. Análisis de las variables vegetativas de crecimiento anual (brotes y	

hojas) de la variedad ‘Star’	28
II.3.4. Análisis de las variables vegetativas de crecimiento anual (brotes y hojas) de la variedad ‘O’Neal’	32
II.3.5. Análisis de las variables de los componentes vegetativos y reproductivos de ‘Star’	36
II.3.6. Análisis de las variables de los componentes vegetativos y reproductivos de ‘O’Neal’	38
II.4. DISCUSIÓN	42
II.5. CONCLUSIÓN	45

CAPÍTULO III. EFECTO DE LA COSECHA TEMPRANA SOBRE LA PARTICIÓN DE ASIMILADOS Y LAS RESERVAS DE CARBOHIDRATOS Y NITRÓGENO EN ARÁNDANOS ALTOS DEL SUR.....46

III.1. INTRODUCCIÓN	46
III.1.1. Efecto de la cosecha temprana sobre la producción y la partición de asimilados	46
III.1.2. Efecto de la cosecha temprana sobre las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz	47
III.2. MATERIALES Y MÉTODOS	49
III.2.4. Metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos	49
III.2.4.1. Analizar el efecto de la cosecha temprana sobre la distribución de los asimilados	49
III.2.4.2. Determinar el efecto de la cosecha temprana sobre las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz	49
III.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico	50
III.3. RESULTADOS	51
III.3.1. Distribución de asimilados	51
III.3.1.1. Distribución de asimilados para la variedad ‘Star’	51
III.3.1.2. Distribución de asimilados para la variedad ‘O’Neal’	54
III.3.2. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona	57
III.3.2.1. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona de la variedad ‘Star’	57
III.3.2.2. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona de la variedad ‘O’Neal’	57
III.3.3. Nitrógeno en la raíz y corona	58
III.3.3.1. Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘Star’	58
III.3.3.2. Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘O’Neal’	58
III.3.4. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona	59
III.3.4.1. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘Star’	59
III.3.4.2. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘O’Neal’	60
III.3.5. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona	60

III.3.5.1. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona en la variedad ‘Star’.....	60
III.3.5.2. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona en la variedad ‘O’Neal’.....	61
III.3.6. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno.....	63
III.3.6.1. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la variedad ‘Star’.....	63
III.3.6.2. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la variedad ‘O’Neal’.....	65
III.4. DISCUSIÓN.....	67
III.5. CONCLUSIÓN.....	69
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL.....	70
CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN GENERAL.....	73
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nutricional de arándano fresco cada 100 gramos.....	2
Tabla 2: Diferencias en las características fenológicas entre los arándanos altos (hemisferio norte), arándanos altos del sur (hemisferio norte) y arándanos altos del sur (Argentina).....	6
Tabla 3: Efecto de la cosecha temprana sobre las variables reproductivas de la variedad ‘Star’	22
Tabla 4: Efecto de la cosecha temprana sobre las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’	28
Tabla 5: Peso seco (PS) de la raíz y corona, ramas primarias, ramas secundarias, hojas, frutos y biomasa total, en plantas de arándano de 4 años de edad, cvs. ‘Star’ y ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales.....	52
Tabla 6: Concentración y contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘Star’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales.....	57
Tabla 7: Concentración y contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales.....	58
Tabla 8: Concentración y contenido de nitrógeno en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘Star’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales.....	58
Tabla 9: Concentración y contenido de nitrógeno en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Morfología del arándano. (A) planta en reposo: a, área de la corona; b, ramas primarias; c, ramas de renuevo; d, corte de poda; e, brote del año con yemas vegetativas y florales. (B) brote del año en reposo: a, yema vegetativa; b, yema floral. (C) brote del año en floración. (D) rama fructífera: a, extremo del brote apical abortado; b, yema axilar. (E) corte transversal del fruto: a, epidermis; b, pulpa; c, lóculos; d, placenta y semillas.....	5
Figura 2: Estadios de desarrollo en arándanos altos del sur.....	7
Figura 3: a) Promedios mensuales (2009 – 2012) de precipitaciones (PP), temperaturas máximas (Tmx), temperaturas mínimas (Tmn), temperaturas medias (T media) y b) promedios mensuales de horas de frío (HF) ($t^{\circ} < 7^{\circ}\text{C}$) para la zona de Castelar (Bs As).....	13
Figura 4: Matriz de diagramas de dispersión de las variables reproductivas de la variedad ‘Star’.....	19
Figura 5: Análisis de componentes principales para las variables reproductivas de la variedad ‘Star’.....	20
Figura 6: Valores medios de los tratamientos de porcentaje de cuajado, número de frutos por planta, peso individual del fruto y rendimiento por planta, en arándano cv ‘Star’.....	21
Figura 7: Rendimiento por planta de arándano cv. ‘Star’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales (g pl^{-1}).....	23
Figura 8: Matriz de diagramas de dispersión de las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’.....	24
Figura 9: Análisis de componentes principales para las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’.....	25
Figura 10: Valores medios de los tratamientos de porcentaje de cuajado, número de frutos por planta, peso individual del fruto y rendimiento por planta de arándano cv. ‘O’Neal’.....	26
Figura 11: Rendimiento por planta de arándano cv. ‘O’Neal’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales (g pl^{-1}).....	27

Figura 12: Matriz de diagramas de dispersión para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad ‘Star’	29
Figura 13: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad ‘Star’	30
Figura 14: Valores medios de los tratamientos de número de hojas por planta, área foliar por hoja (o unitaria), diámetro de brotes por planta, número de brotes por planta, longitud de brotes por planta y área foliar total por planta de arándano, cv ‘Star’	31
Figura 15: Área foliar total por planta de arándano del cv. ‘Star’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales ($\text{cm}^2\text{pl}^{-1}$).....	32
Figura 16: Matriz de diagrama de dispersión para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad ‘O’Neal’	33
Figura 17: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad ‘O’Neal’	34
Figura 18: Valores medios de los tratamientos de número de hojas por planta, área foliar total por planta, área foliar por hoja (o unitaria), número, longitud y diámetro de brotes por planta de arándano, cv ‘O’Neal’	35
Figura 19: Área foliar total por planta de arándano del cv ‘O’Neal’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales ($\text{cm}^2\text{pl}^{-1}$).....	36
Figura 20: Matriz de diagramas de dispersión para las variables del crecimiento vegetativo y reproductivo en la variedad ‘Star’	37
Figura 21: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual y reproductivas en la variedad ‘Star’	38
Figura 22: Matriz de diagramas de dispersión para las variables del crecimiento vegetativo y reproductivo en la variedad ‘O’Neal’	39
Figura 23: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual y reproductivas en la variedad ‘O’Neal’	40
Figura 24: Relación entre el número de frutos por planta durante el segundo	

año y el rendimiento al año siguiente en arándanos altos del sur, cv.
‘Star’ (a) y ‘O’Neal’ (b).....42

Figura 25: Matriz de diagramas de dispersión para la variedad
‘Star’51

Figura 26: Análisis de componentes principales para la variedad ‘Star’
..... 52

Figura 27: Valores medios de los tratamientos para peso seco de raíz y corona;
peso seco de ramas primarias; peso seco de ramas secundarias; peso
seco de hojas; peso seco de frutos y peso seco total en plantas de 4 años
de arándano cv.
‘Star’53

Figura 28: Matriz de diagramas de dispersión para la variedad
‘O’Neal’54

Figura 29: Análisis de componentes principales para la variedad ‘O’Neal’
.....55

Figura 30: Valores medios de los tratamientos para peso seco de raíz y corona;
peso seco de ramas primarias; peso seco de ramas secundarias; peso
seco de frutos; peso seco de hojas y peso seco total en plantas de 4 años
de arándano cv.
‘O’Neal’56

Figura 31: Concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) vs
concentración de nitrógeno en plantas de arándano cv. ‘Star’59

Figura 32: Concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) vs
concentración de nitrógeno en plantas de arándano cv.
‘O’Neal’60

Figura 33: Relación entre el peso seco (PS), la concentración de carbohidratos
no estructurales (CNE) y la concentración de nitrógeno en la raíz y
corona, en plantas de arándanos de 4 años de edad variedad
‘Star’61

Figura 34: Relación entre el peso seco (PS), la concentración de carbohidratos
no estructurales (CNE) y la concentración de nitrógeno en la raíz y
corona, en plantas de arándanos de 4 años de edad variedad
‘O’Neal’61

Figura 35: Distribución relativa de los asimilados en plantas de arándano de 4
años, cvs. ‘Star’ y ‘O’Neal’ sometidas a distintos porcentajes de raleo
de yemas
florales.....62

Figura 36: Relaciones entre el número de frutos por planta, rendimiento por

planta, área foliar total por planta, área foliar unitaria, PS de raíz y corona, carbohidratos no estructurales en raíz y corona y nitrógeno en raíz y corona en plantas de arándanos de la variedad 'Star'63

Figura 37: Relación entre el número de frutos por planta (N fr), rendimiento por planta (Rendimiento), área foliar total por planta (AFT), área foliar unitaria (AFXH), PS de raíz y corona (PS raíz + corona), carbohidratos no estructurales en raíz y corona (H de C) y nitrógeno en raíz y corona (N) en plantas de arándanos de la variedad 'Star'64

Figura 38: Relaciones entre el número de frutos por planta, rendimiento por planta, área foliar total por planta, PS de raíz y corona, carbohidratos no estructurales en raíz y corona y nitrógeno en raíz y corona en plantas de arándanos de la variedad 'O'Neal'65

Figura 39: Relación entre el número de frutos por planta (N fr), rendimiento por planta (Rend), área foliar total por planta (AFT), PS de raíz y corona (PS raíz + corona), carbohidratos no estructurales en raíz y corona (H de C) y nitrógeno en raíz y corona (N) en plantas de arándanos de la variedad 'O'Neal'66

RESUMEN

Efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento de la planta y el rendimiento en arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico)

La cosecha temprana, también denominada cosecha precoz o anticipada (“*early cropping*” en inglés), es una práctica cultural que consiste en permitirle a la planta fructificar y ser cosechada en los primeros años del cultivo. El beneficio es que el productor obtiene ingresos rápidamente, logrando amortiguar parte de los costos de implantación, y disminuir los gastos de poda de las yemas florales (YF). En la mayoría de los frutales la cosecha en las plantas jóvenes afecta al desarrollo radical y el tamaño de las estructuras vegetativas. Se determinó el efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento de la planta, el rendimiento, la partición de asimilados y las reservas en las raíces en variedades de arándanos altos del sur (AAS). Se aplicaron sobre los cvs. ‘O’Neal’ (mediano a bajo vigor) y ‘Star’ (alto vigor), cuatro tratamientos basados en la remoción de YF; T0 (control): eliminación del 100% de YF los dos primeros años; T1: eliminación del 100% de YF el 1º año y 50% el 2º año; T2: eliminación del 50% de YF el 1º año y 0% el 2º año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años. En el 3º año se dejó el 100% de YF a todas las plantas. Se midió: número, longitud y diámetro de los brotes del año, número de hojas, área foliar unitaria y área foliar total de la planta, número de frutos, peso individual del fruto y rendimiento por planta. Se determinó el peso seco de la planta completa y de sus órganos componentes, y la concentración y el contenido de carbohidratos no estructurales y de nitrógeno en la raíz. En ambos cultivares, las plantas con tratamiento control no presentaron un buen comportamiento, mientras que los máximos rendimientos se obtuvieron en las plantas con fructificación progresiva durante los dos primeros años (T1 para ‘Star’ y T2 para ‘O’Neal’). No se recomienda el raleo de las YF en el primer año ya que no condiciona la producción del año siguiente. En cambio, el ajuste de la carga frutal durante el segundo año resulta ser decisivo para asegurar el éxito de esta práctica en ambas variedades. De esta manera la cosecha temprana es una práctica factible en las variedades de AAS ‘Star’ y ‘O’Neal’ cultivadas en regiones templado-cálida como la provincia de Buenos Aires permitiéndole al productor recuperar parte de los gastos de implantación.

Palabras claves: arándanos, cosecha temprana, desarrollo radical, desarrollo vegetativo, rendimiento.

ABSTRACT

Effect of early cropping on vegetative development and fruit yield of southern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. interspecific hybrid)

Early cropping is a cultural practice that consists in harvesting fruits since the first year in the field. This practice permits the grower to obtain benefits since the beginning to pay back the implantation costs and to reduce costs associated with bud elimination during the three first years of plant development. In most fruit species harvesting young plants affects root development and the size of the vegetative structures.

The goal of this study was to determine the effect of early cropping on plant growth, yield, dry weight partitioning and reserves distribution in southern highbush blueberry (SHB). Experiments on two SHB cultivars 'Star' (high vigor) and 'O'Neal' (medium to low vigor) was conducted. The treatments were 1) T0 (control): 100% of flower buds (FB) removed at the 1th and 2nd year, 2) T1: 100% of FB removed at the 1th year and 50% at the 2nd year, 3) T2: 50% of FB removed at the 1th year and 0% at the 2nd year, and 4) T3: 0% of FB removed at 1th and 2nd year. At 3th year, no FB removal was done any treatment. The dry weight of the entire plant and its components organs as well as the concentration of carbohydrates and nitrogen in the crowns and roots was determined. It was observed that the early cropping affected differently the two cultivars. However, in both cultivars, the treatment control (T0) did not show a well performance. The best yield was obtained from T1 ('Star') and T2 ('O'Neal') plants. Based on results it is recommended to allow blueberries plant to produce fruit at year-one because does not affect production at second year. But it is important to reduce flower bud number at the second year because affects the production at the third year in both cultivars. Thus, early cropping is a recommended practice in southern highbush blueberries in warm-temperate climates, as Buenos Aires. This allows the growers recover a portion of establishment costs.

Key words: southern highbush blueberries, early cropping, root development, vegetative development, fruit development.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

I.1. Origen y clasificación taxonómica

El arándano es un arbusto nativo del este de América del Norte perteneciente a la familia de las *Ericáceas* y al género *Vaccinium*, del cual se conocen 450 especies alrededor del mundo (Trehane 2004). En su lugar de origen, la producción está conformada por dos grupos: los denominados “arándanos silvestres” o “*lowbush blueberries*” en inglés, pertenecientes a la especie *V. angustifolium* Aiton, los cuales no fueron seleccionados o cultivados artificialmente, aunque se aprovechan de manera intensiva sus poblaciones naturales. Un segundo grupo lo constituyen las variedades cultivadas llamadas “*highbush blueberries*” donde se encuentran *V. corymbosum* Linnaeus (arándanos altos o ‘*northern highbush blueberries*’ en inglés), *V. ashei* Reade (arándano ojo de conejo o ‘*rabbiteye blueberries*’), y los híbridos denominados arándanos altos del sur o ‘*southern highbush blueberries*’. Estos últimos poseen características propias de *V. corymbosum*, como la precocidad y la alta calidad de sus frutos, de *V. ashei*, por sus bajos requerimientos de frío, y de *V. darrowi* Camp, que es una especie nativa de los estados sureños de Estados Unidos (Trehane 2004). En Argentina, los híbridos son agroecológicamente los más adecuados y mayormente cultivados en nuestras áreas de producción.

I.2. Valor nutritivo

Los arándanos ofrecen importantes beneficios para la nutrición y la salud. Entre sus propiedades se destacan el bajo contenido calórico, pobre en grasa y en sodio. Además, no posee colesterol, es rico en fibras, minerales y vitamina C (Tabla 1). De acuerdo al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) esta fruta se encuentra entre los alimentos con mayor actividad antioxidante, los cuales ayudan a neutralizar los radicales libres relacionados con el desarrollo de ciertas enfermedades como cáncer, enfermedades cardiovasculares y Alzheimer. Los polifenoles, principalmente las antocianinas que le otorgan a la fruta su color azul, son los principales contribuyentes a este beneficio (USDA 2012).

Tabla 1: Composición nutricional de arándano fresco cada 100 gramos

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
Agua (%)	84.21
Energía (kcal)	57.00
Proteínas (g)	0.74
Lípidos (g)	0.33
Carbohidratos (g)	14.49
Fibra (g)	2.40
Calcio (Ca) (mg)	6.00
Hierro (Fe) (mg)	0.28
Magnesio (Mg) (mg)	6.00
Fósforo (P) (mg)	12.00
Potasio (K) (mg)	77.00
Sodio (Na) (mg)	1.00
Zinc (Zn) (mg)	0.16
Vitamina C (mg)	9.70
Tiamina (mg)	0.037
Riboflavina (mg)	0.041
Niacina (mg)	0.418
Vitamina B-6 (mg)	0.052
Ácido Fólico (mcg)	6.00
Vitamina B-12 (µg)	0.00
Vitamina A (IU)	54.00
Vitamina E (α- tocoferol) (mg)	0.57
Vitamina D (IU)	0.00
Colesterol (mg)	0.00

Fuente: USDA (2012)

I.3. Importancia del cultivo

La denominación comercial de “frutas finas” incluye dos grupos de especies pertenecientes a varias familias botánicas: los *cherries*, cerezo (*Prunus avium*) y guindo (*Prunus cerasus*), y los *berries*. Los *berries* o “frutos del bosque”, como también se los conoce, se caracterizan por su sabor acidulado y rápida perecibilidad, y comprenden especies de cuatro géneros: *Fragaria*, *Rubus*, *Ribes* y *Vaccinium*. El género *Fragaria* está representado por el híbrido *Fragaria x ananassa*, conocido como frutilla. Dentro del género *Rubus* se destacan la frambuesa roja (*Rubus idaeus*), las moras y las zarzamoras (híbridos del género *Rubus*). El tercer género comprende a la grosella espinosa (*Ribes grossularia*), grosella negra o cassis (*Ribes nigrum*), y grosella roja, corinto o zarzaparrilla (*Ribes rubrum*). *Vaccinium* es el último género de este grupo, donde encontramos la especie *V. corymbosum* conocidos como arándanos o *blueberries* en inglés (SAGPyA 2007a).

Los *berries* han sido uno de los grupos de productos más dinámicos del comercio alimentario internacional de los últimos años. En el caso particular del arándano, el interés por la salud continúa impulsando la demanda, lo que alienta el aumento de la producción en todo el mundo. Mientras la superficie mundial aumentó un 83% desde 2005 a 2010, la producción muestra un continuo crecimiento y la tendencia es en alza.

Las regiones de mayor desarrollo son Norteamérica y Sudamérica (57 y 23 % de la superficie global, respectivamente), seguido por Europa (11%), Asia, y la región del Pacífico (8%) (Villata 2012).

En Norteamérica, los arándanos se consumen abundantemente como una fruta tradicional, tanto en fresco como procesados. A nivel mundial, es líder en producción, abastecimiento y consumo. Esto se refleja tanto en la superficie cultivada como en la producción, las cuales aumentaron 55% en el período 1995-2010, y 18 % en los tres últimos años de esa serie (2008-2010), respectivamente (Villata 2012).

Estados Unidos no es solamente el principal país productor de arándanos, sino que también es el de mayor consumo, exportación e importación en el mundo. En 2011, el área cosechada aumentó 12.9% respecto a 2009, lo cual se correspondió con un incremento de la producción del 16.4% (USDA 2011a). Sin embargo, en el período 2005-2010 el consumo per cápita aumentó el 152% (USDA 2011b), lo cual es atribuido a la promoción del consumo como producto saludable con propiedades antioxidantes, siendo ésta la causa que explica el incremento en la superficie plantada en otras regiones del mundo.

En Sudamérica, en 2010 el cultivo alcanzó una superficie de 17.600 ha y una producción que superó las 68.000 toneladas. El principal productor y proveedor es Chile, con el 73% de la superficie total. Le siguen Argentina (22%), Uruguay, Brasil, Perú y Colombia. Dado que las plantaciones son jóvenes se prevé que continúe creciendo la producción en los próximos años (Villata 2012).

El crecimiento del continente europeo en este cultivo se refleja en la superficie cultivada, la cual aumentó 5 veces desde 1995 a 2010, la producción alcanzó un incremento del 44% en el período 2008-2010. Por otro lado, el consumo presenta un aumento sostenido por lo que se constituye en un mercado con un potencial de desarrollo extraordinario. Los principales países productores son Polonia (38% de la superficie total), Alemania (26%) y España (13%) (Villata 2012).

En Asia y la región Pacífico, el crecimiento es gradual pero constante. Asia, en 2010 aumentó 6 veces su superficie respecto de 2005, con China como líder de la región. Australia y Nueva Zelanda predominan en esta zona productiva (Villata 2012).

En el futuro próximo se espera que la expansión del cultivo sea significativa. Con una producción mundial de 301.200 toneladas en 2010 se proyectan 630.000 toneladas en 2015. Acompañado por un crecimiento continuo de todas las regiones y lideradas por Norteamérica, seguida por América del Sur (Villata 2012).

1.4. El cultivo del arándano en Argentina

El arándano en el mercado estadounidense está presente todo el año. La cosecha norteamericana comienza en el mes de abril y finaliza en octubre. El hemisferio sur, con la ventaja de producir en contra estación, abastece de fruta en los meses restantes.

La Argentina constituye un importante proveedor de arándanos en contra estación para el hemisferio norte, debido a que de una de sus regiones surge la fruta primicia a mediados del mes de septiembre (Argentinean Blueberry Committee 2012).

El cultivo comenzó en nuestro país en la década del 90, impulsado por los buenos precios del mercado de exportación y por la fuerte difusión que se realizó, presentándolo como una nueva alternativa de producción frutícola intensiva, no tradicional, y con comercialización orientada hacia los mercados externos. La expansión

de este cultivo se refleja en la evolución de las exportaciones. En 1994, cuando Estados Unidos habilitó su mercado para la comercialización de arándano argentino, se exportaron 0.36 toneladas de fruta fresca (SAGPyA 2007b); en 2011 el valor ascendió a 19.450 toneladas ocupando el séptimo lugar en volumen y el cuarto en divisas dentro de las frutas frescas enviadas al exterior por Argentina. Estados Unidos fue el principal destino (66%) (SENASA 2012).

La superficie cultivada se expandió principalmente en tres zonas: NOA, Litoral, y Buenos Aires. Cada una de ellas ocupa el 40%, 37% y 20% de la superficie total del país, respectivamente. El NOA abarca las producciones de las provincias de Tucumán, Salta y Catamarca. El Litoral, incluye las producciones de Entre Ríos y Corrientes, y por último, Buenos Aires, sobretudo el noreste de la provincia (partidos de San Pedro, Baradero, y Zárate). Además, existen emprendimientos de arándanos en las provincias de Santa Fe, Córdoba, y San Luis (Argentinean Blueberry Committee 2012).

I.5. Morfología de la planta

Los arándanos (arándanos altos y arándanos altos del sur) son arbustos perennes entre 1.2 a 1.8 metros de altura aunque ocasionalmente pueden alcanzar hasta 4 metros en estado adulto; típicamente presentan una corona bastante compacta en la base de la planta, formada por las ramas primarias (Fig. 1 A; a y b). Las raíces, son superficiales, muy finas, fibrosas y sin pelos absorbentes. Este sistema puede extenderse hasta los 60-80 centímetros de profundidad en suelos arenosos y bien drenados, sin embargo el mayor volumen se encuentra en los primeros 25 a 30 centímetros de suelo. La distribución lateral, en cambio, puede alcanzar en arbustos maduros, distancias de hasta 1 metro desde la corona, concentrándose principalmente en los 30 centímetros más próximos. Este particular crecimiento radical hace que las plantas requieran constante provisión de agua y de la presencia de una capa superficial de suelo suelto y bien aireado que permita el desarrollo de una abundante cabellera. En condiciones naturales las raíces están asociadas a micorrizas específicas, con las cuales mantienen una relación de mutuo beneficio (simbiosis) (Trehane 2004). Los brotes pueden ser de tres tipos. Los ‘brotes normales’ son aquéllos que se originan desde las yemas vegetativas formadas la temporada anterior (Fig 1 A; e); los ‘brotes vigorosos’ son los que se originan desde la corona de la planta o de las yemas latentes ubicadas en las ramas viejas; y los ‘brotes anticipados’ son aquéllos que se originan de las yemas formadas en los brotes de la misma temporada, en respuesta a podas en verde, o como hábito normal de una variedad (Bañados *et al.* 2007). Los brotes poseen múltiples yemas florales en su parte apical y yemas vegetativas debajo de éstas (Fig. 1 B), con capacidad para producir nuevos brotes. Las yemas vegetativas son pequeñas, estrechas y puntiagudas (Fig. 1 B; a), mientras que las yemas florales son considerablemente más grandes (Fig. 1 B; b). El número de flores por yema depende del cultivar, mientras que el número de yemas florales formadas depende del vigor y grosor de los brotes y del manejo cultural que se le proporcione. Las hojas son caducifolias, simples, con filo taxis alterna, de forma aovada a estrechamente elípticas, de 17 a 25 mm de ancho y de 38 a 54 mm de largo, en promedio. Existe diferencia entre cultivares en las características del margen de la hoja, que puede variar desde entero a ligeramente dentado, mientras que en algunos casos son fuertemente aserrados. La cara adaxial es suave y varía de glabra a pubescente. Es una característica de cada cultivar el color del follaje en el momento de senescencia, los cuales oscilan entre dorado, naranja, rojo, y hasta púrpura. Las flores son completas, ya

que poseen cáliz, corola, androceo y gineceo, y se disponen en inflorescencias de 8 a 16 flores dependiendo del cultivar (Fig. 1 C). La corola es cilíndrica o en forma de urna; compuesta por cinco pétalos fusionados que varían desde blancos hasta varias tonalidades de rosa, y muy ocasionalmente rojos, dependiendo de la variedad y el estadio de apertura de las flores. El ovario es ínfero, es decir, que se encuentra por debajo del cáliz y contiene en promedio alrededor de 65 óvulos. El fruto es una baya casi esférica, con cinco lóculos conteniendo pequeñas semillas (Fig. 1 E). Las bayas maduras pueden ser negras opacas o brillantes, azules, o púrpura, y su tamaño oscila entre los 3 a 20 mm de diámetro. Los restos de cáliz dejan una cicatriz en la punta de la baya. La epidermis del fruto presenta serosidad (Trehane 2004).

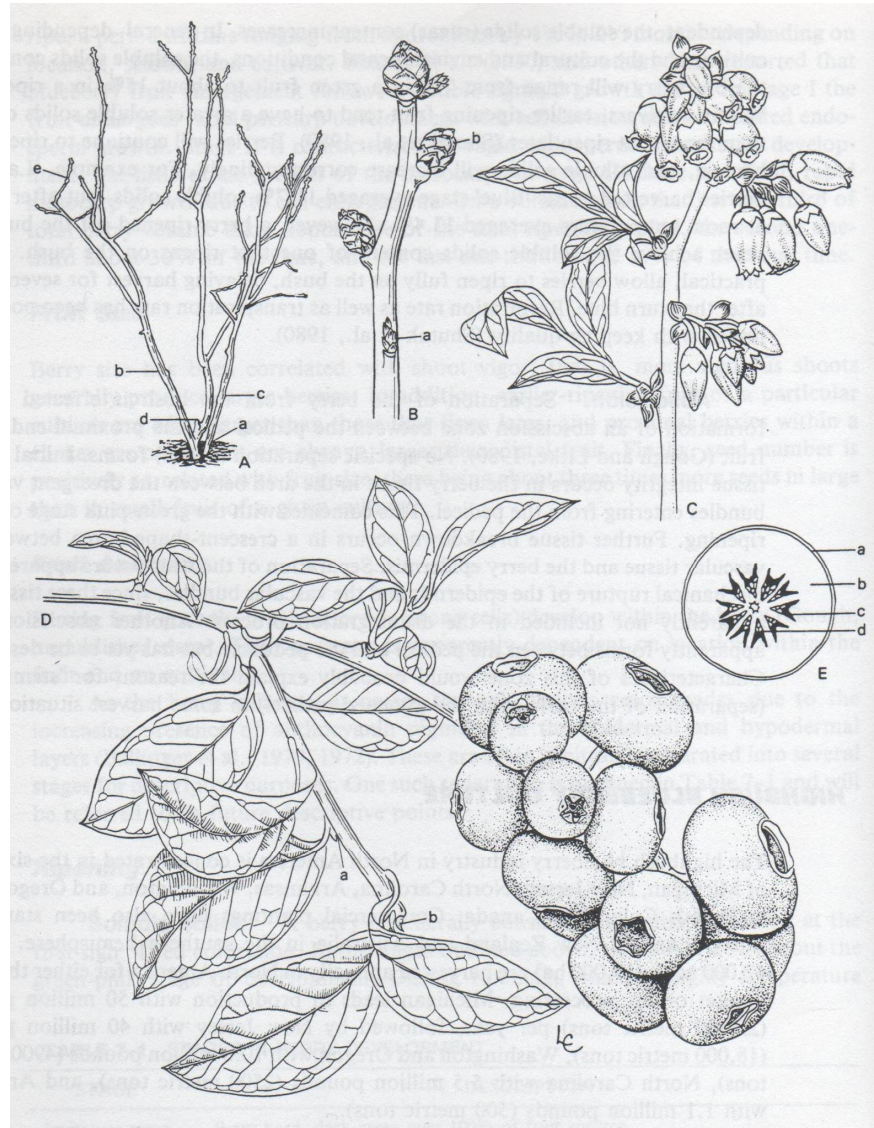


Figura 1: Morfología del arándano. (A) planta en reposo: a, área de la corona; b, ramas primarias; c, ramas de renuevo; d, corte de poda; e, brote del año con yemas vegetativas y florales. (B) brote del año en reposo: a, yema vegetativa; b, yema floral. (C) brote del año en floración. (D) rama fructífera: a, extremo del brote apical abortado; b, yema axilar. (E) corte transversal del fruto: a, epidermis; b, pulpa; c, lóculos; d, placenta y semillas. Fuente: Eck *et al.* 1990.

Los arándanos altos (AA) y los arándanos altos del sur (AAS) son morfológicamente similares pero fenológicamente presentan sustanciales diferencias. Las más importantes se detallan en la tabla 2.

Tabla 2: Diferencias en las características fenológicas entre los arándanos altos (hemisferio norte), arándanos altos del sur (hemisferio norte) y arándanos altos del sur (Argentina)

Arándanos altos (Hemisferio norte)	Arándanos altos del sur (Hemisferio norte)	Arándanos altos del sur (Argentina)
Elevado requerimiento de horas de frío* (800- 1500 horas de frío)	Moderado a bajo requerimiento de horas de frío (200-600 horas de frío)	Moderado a bajo requerimiento de horas de frío (200-600 horas de frío)
Floración entre 4 y 6 semanas en primavera tardía	Floración entre 4 y 6 semanas en primavera temprana	Floración entre 4 y 6 semanas en invierno
Cosecha tardía (junio, julio y agosto)	Cosecha temprana (abril, mayo y junio)	Cosecha temprana (octubre, noviembre hasta mediados de diciembre)
Periodo de desarrollo del fruto: 42 a 90 días	Periodo de desarrollo del fruto: 55 a 60 días	Periodo de desarrollo del fruto: 70 a 90 días
Crecimiento vegetativo cesa en otoño temprano	Crecimiento vegetativo cesa en otoño tardío	Crecimiento vegetativo cesa en otoño tardío

*Horas por debajo de los 7°C.

En los arándanos altos (AA) durante el breve período entre la cosecha y la entrada en dormición de la planta se producen eventos tan importantes como el segundo pico de crecimiento radical y de los brotes (Abbott y Gough 1987) y la formación y acumulación de reservas bajo las condiciones pocas propicias del otoño para el crecimiento como son los días acortándose y el descenso de las temperaturas y de la intensidad lumínica.

Por otra parte, los AAS cultivados en el hemisferio norte son originarios del sudeste de Estados Unidos, principalmente en los estados de Florida (28°08'00"N 81°37'54"O) y Georgia (33°00'N 83°30'O) y si bien las variedades coinciden con las cultivadas en nuestras zonas de producción el clima se caracteriza por tener inviernos suaves, cortos e interrumpidos por largos periodos cálidos y veranos largos y húmedos.

En el ciclo anual de crecimiento de los AAS cultivados en las zonas templado-cálidas de nuestro país, la superposición del crecimiento vegetativo y reproductivo es parcial y se producen dos flujos de crecimiento vegetativo (Fig. 2). La floración es escalonada, comenzando a mediados del invierno (julio) y se prolonga por 4 a 6 semanas. Hacia el final del invierno-comienzo de la primavera la ruptura de las yemas vegetativas da origen al primer periodo de crecimiento vegetativo, también conocido como crecimiento de primavera, el cual se extiende hasta mediados de diciembre, momento en el que los brotes dejan de crecer. El desarrollo de los frutos es un proceso que lleva aproximadamente 3 meses hasta la cosecha, que ocurre en el mes de octubre y se extiende hasta mediados de diciembre. La amplitud del período de cosecha es debida a la desuniformidad de la floración de las diferentes ramas fructíferas de la planta, las yemas florales de cada rama fructífera, y las flores de cada inflorescencia, lo cual es a su vez dependiente de las variedades y condiciones climáticas (Pescie y Lovisolo 2005). La inducción de las yemas florales ocurre poco tiempo después de finalizada la cosecha hacia fines de diciembre. El segundo crecimiento vegetativo es producido por los denominados brotes de verano que surgen de las yemas axilares formadas en los brotes

de primavera. Comienza luego de la cosecha y finaliza antes de la entrada en reposo a fines de marzo (Fig. 2) (Pescie *et al.* 2011). Luego de la cosecha y hasta la entrada en reposo la planta posee un periodo de aproximadamente 3 meses (mediados de diciembre a fines de marzo) para desarrollar sus brotes, sistema radical, formar y acumular reservas bajo las condiciones climáticas muy favorables (verano) que se dan en el norte de la provincia de Buenos Aires, en comparación con los AA.

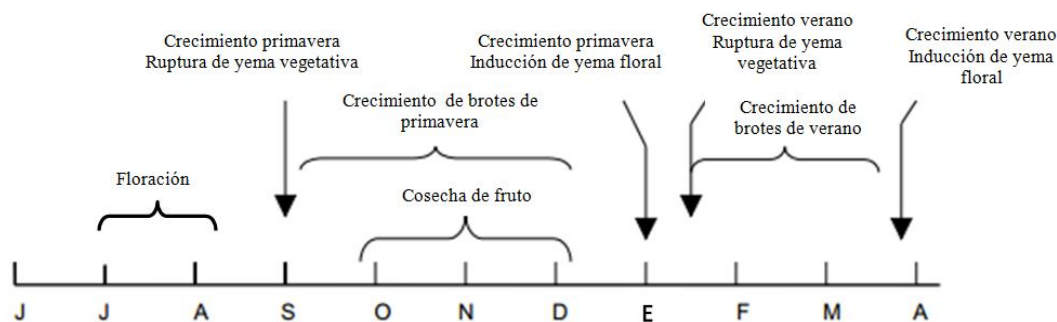


Figura 2: Estadios de desarrollo en arándanos altos del sur (adaptado de Pescie *et al.* 2011)

En la provincia de Buenos Aires el cultivar (cv.) ‘O’Neal’ se presenta como una de las variedades más difundidas, con alrededor del 40% de la superficie implantada (Ros *et al.* 2004). El cv. ‘Star’, en cambio, aparece como una variedad promisorio dentro de un grupo de nuevas variedades (Rivadeneira y Kirschbaum 2010).

El cv. ‘Star’ es más vigoroso en comparación al cv. ‘O’Neal’ presentando un mayor desarrollo vegetativo (área foliar) y reproductivo (número de yemas florales/planta, flores/yema floral y frutos/planta) y además presenta una concomitancia entre la floración y la brotación, mientras que en ‘O’Neal’ el tiempo transcurrido entre ambos procesos es de al menos 3 semanas (observaciones realizadas a campo). Ambas variedades presentan bajo requerimiento de horas frío (en torno a las 400 horas de frío) y la maduración es temprana dentro del ciclo productivo y concentrada en el tiempo (Lyrene y Sherman 2000; Lyrene y Ballington 2006).

I.6. La cosecha temprana de arándanos

I.6.1. Efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta

El gran crecimiento de la producción de arándanos que ocurrió en los últimos años en el país, generó la necesidad de desarrollar tecnologías apropiadas para nuestras condiciones de cultivo. Esto se debe a que en Argentina, la producción y el manejo del cultivo se realizan en base a la información generada en otros países, con condiciones climáticas y edáficas, y destinos de producción diferentes.

En Fruticultura se usan los términos ‘temprano’ o ‘tardío’ para establecer fechas o momentos del calendario en los cuales se realizan prácticas culturales como la poda o la fertilización; y si bien, para dar el momento de cosecha de las distintas variedades en el año productivo se adopta el mismo criterio, en esta tesis se utilizará el término “cosecha

temprana” como una traducción literal del inglés “*early cropping*” y como sinónimo de “cosecha precoz o anticipada” en plantas jóvenes. La cosecha temprana, se define entonces como una práctica cultural que consiste en permitirle a la planta fructificar y ser cosechada en los primeros años del cultivo. El beneficio que sustenta esta práctica es que el productor obtiene ingresos rápidamente, logrando amortiguar parte de los costos de implantación, y disminuir aquellos gastos asociados a la poda de las yemas florales. Sin embargo, esta práctica no está recomendada en la mayoría de las especies frutales incluyendo el arándano. En manzano (*Malus doméstica* B.), el crecimiento de todas las partes, y principalmente el de la raíz, fue menor en plantas cosechadas tempranamente comparadas con aquellas sin frutos (Avery 1970). En arándano alto (AA), no se recomienda la cosecha en los dos primeros años del cultivo para favorecer la formación de la estructura de la planta y promover el crecimiento vegetativo (Dodge 1981; Pritts y Hancock 1992; Lockwood 1999; Pritts 2004, 2006; Bañados 2005) sobre todo en las variedades más tardías (Strik y Buller 2005).

En los arándanos altos del sur (AAS), tampoco se recomienda que la planta fructifique en los primeros años (Williamson *et al.* 2004; Yarborough 2006). El impacto negativo de la cosecha temprana sobre el crecimiento en estas variedades precoces o de ciclo corto fue más contundente en aquellos cultivares donde la floración precede a la brotación (Maust *et al.* 1999a; 1999b; 2000), o presentan un bajo vigor (Williamson y NeSmith 2007).

I.6.2. Efecto de la cosecha temprana sobre la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz

I.6.2.1. Efecto de la cosecha temprana sobre la producción y la partición de asimilados en la planta

La presencia del fruto provoca una importante modificación en el patrón de partición de asimilados (Cannell 1985). En manzano y en caqui (*Diospyros kaki*), el incremento en la carga frutal aumentó la materia seca total (Avery 1970) pero debilitó las estructuras permanentes de la planta, principalmente las raíces (Palmer 1992; Choi *et al.* 2010; Park 2011; Park y Kim 2011). En arándanos altos, la cosecha temprana durante los dos primeros años de implantación del cultivo afectó negativamente tanto al peso seco total como al de las partes permanentes de la planta, principalmente las raíces (Strik y Buller 2004, 2005). En cambio, en arándanos altos del sur, el efecto de la cosecha temprana sobre el peso seco fue dependiente del cultivar (Williamson y NeSmith 2007).

I.6.2.2. Efecto de la cosecha temprana sobre las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz

El nitrógeno y los carbohidratos, forman parte de las sustancias de reserva que se almacenan en los órganos perennes de los árboles frutales caducifolios y permiten afrontar una nueva estación de crecimiento en la primavera (Tromp 1983; Oliveira y Priestley 1988). Si bien, los carbohidratos constituyen la mayor parte de las reservas en las plantas leñosas, cualitativamente el nitrógeno es igualmente importante (Tromp

1983). En el ciclo interno que se lleva a cabo en la planta, se produce una removilización desde los órganos de reserva hacia el nuevo crecimiento en primavera y un reciclado, en otoño, desde estos órganos a los tejidos de almacenamiento (Tromp 1983; Oliveira y Priestley 1988; Loescher *et al.* 1990), principalmente las raíces en la mayoría de las especies caducifolias (Oliveira y Priestley 1988; Loescher *et al.* 1990) incluyendo el arándano (Birkhold y Darnell 1993). Investigaciones realizadas en plantas jóvenes de arándanos altos del sur y caqui determinaron que incrementos en la carga frutal reducían los carbohidratos (Maust *et al.* 1999b) y el nitrógeno (Choi *et al.* 2010) acumulados en la raíz.

En los arándanos, como en la mayoría de las especies frutales, la cosecha en las plantas jóvenes afecta al crecimiento radical y sus reservas comprometiendo la producción futura y el crecimiento general de la planta. Este efecto fue más evidente en variedades tardías de AA (Strik y Buller 2005), y en algunos cultivares de AAS donde la floración precede a la brotación por varias semanas (Maust *et al.* 1999a; 1999b; 2000), o son de bajo vigor (Williamson y NeSmith 2007). Sin embargo, el efecto de la cosecha temprana sobre el comportamiento de las variedades cultivadas en regiones de clima templado-cálido como es el caso de la provincia de Buenos Aires no fue estudiado. Debido a esta necesidad y con el objetivo de establecer pautas más claras de manejo basadas en nuestras condiciones de suelo, cultivo y clima se realizó este trabajo.

I.7. Objetivos

I.7.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento de la planta, el rendimiento, la partición de asimilados, y las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz y corona, en variedades de arándanos altos del sur de distinto vigor y diferentes fenologías en cuanto a los tiempos entre la floración y la brotación.

I.7.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos fueron determinar el efecto de la cosecha temprana, a partir de distintas intensidades de raleo de yemas florales sobre:

- 1) el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, a través de:
 - a) mediciones sobre los órganos de crecimiento anual: brotes, hojas y frutos.
- 2) la partición de asimilados, y las reservas de carbohidratos y nitrógeno en las raíces y corona, a través de:
 - a) la producción y partición de materia seca entre los órganos componentes de la planta (raíz y corona, ramas primarias, ramas secundarias, hojas y frutos).
 - b) el contenido y la concentración de carbohidratos no estructurales en la raíz y corona.
 - c) el contenido y la concentración de nitrógeno en la raíz y corona.

I.8. Hipótesis de trabajo

La cosecha temprana es una práctica factible en las variedades precoces de arándanos altos del sur en climas templado-cálidos, como es el caso de la provincia de Buenos Aires, debido a que presentan un extenso periodo entre la cosecha de los frutos y la entrada en reposo bajo condiciones ambientales favorables para el crecimiento, lo cual permite a la planta formar su estructura y producir fruta adecuadamente sin consecuencias negativas sobre el crecimiento y rendimiento futuros. Esta técnica se hace más factible en variedades de mayor vigor y donde la floración y la brotación ocurren simultáneamente.

CAPÍTULO II. EFECTO DE LA COSECHA TEMPRANA SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO EN ARÁNDANOS ALTOS DEL SUR

II.1.Introducción

El arándano, es un arbusto nativo del este de América del Norte perteneciente a la familia de las *Ericáceas* y al género *Vaccinium* (Trehane 2004). Estados Unidos es el principal país productor, consumidor, exportador e importador de arándanos en el mundo. En ese país la producción está representada en un gran porcentaje por los arándanos altos (Strik y Yarborough 2005), caracterizados por ser variedades tardías o de ciclo largo y elevado requerimiento de horas de frío (temperaturas $< 7^{\circ}\text{C}$). A partir de mediados de los '80 surgieron los arándanos altos del sur, caracterizados por requerir menos horas de frío y por su cosecha más temprana dentro del año productivo (Ehlenfeldt *et al.* 1995) y desde entonces la implantación de estos cultivares híbridos, comenzó a incrementarse. El cultivo del arándano comenzó en nuestro país en la década del '90, donde se presentó como una nueva alternativa de producción orientada al comercio exterior teniendo como principal ventaja el ingreso de la fruta en contra-estación al hemisferio norte (Gordó 2008). En Argentina, la producción y el manejo del cultivo se realizan en base a la información generada en otros países (principalmente Estados Unidos), con condiciones climáticas y edáficas, y destinos de producción diferentes. Esta situación generó la necesidad de desarrollar tecnologías apropiadas para nuestras condiciones de cultivo.

La cosecha temprana, es una práctica cultural que consiste en permitirle a la planta fructificar y ser cosechada en los primeros años del cultivo. Esta cosecha precoz o anticipada en las plantas jóvenes es conocida como '*early cropping*' en inglés y en esta tesis se utilizará la traducción literal de 'cosecha temprana'. En su lugar de origen, los productores de arándano evitan que la planta fructifique en los primeros años del cultivo mediante la poda de las yemas florales en invierno con el objetivo de promover el crecimiento vegetativo y radical de la planta (Dodge 1981; Pritts y Hancock 1992; Gough 1994; Lockwood 1999; Pritts 2004, 2006; Bañados 2005). En arándanos altos, el impacto negativo de la cosecha temprana durante los dos primeros años se manifestó en una reducción del rendimiento en el tercer año productivo de todos los cultivares debido a una disminución en el crecimiento vegetativo, en el peso seco total de la planta y en el porcentaje de cuajado (Strik y Buller 2005). No obstante, el rendimiento acumulado al cuarto año dependió del cultivar, debido a que los cultivares precoces no presentaron diferencias, en cambio, las plantas sin frutos fueron beneficiadas en el cultivar más tardío (Strik y Buller 2005).

En los arándanos altos del sur (AAS), evitar la cosecha temprana en los primeros años de la planta, también está recomendado (Williamson *et al.* 2004; Yarborough 2006). En esta especie, el efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento fue diferente dependiendo del cultivar (Maust *et al.* 1999a, 1999b, 2000). En plantas adultas a campo se observó que al aumentar la densidad de yemas florales (número de yemas florales/centímetro lineal de rama fructífera) disminuía el desarrollo vegetativo, principalmente el área foliar total al final de la cosecha (Maust *et al.* 1999a), lo cual coincidía con investigaciones realizadas sobre otros cultivos (Schechter *et al.* 1994; Weinbaum *et al.* 1994a). Este efecto fue más evidente en aquellos cultivares donde la floración y el cuajado de los frutos precedían a la brotación por varias semanas.

El objetivo de éste capítulo es determinar el efecto de la cosecha temprana, considerando distintas intensidades de raleo de yemas florales en los dos primeros años de implantación del cultivo, sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo en plantas jóvenes de arándanos altos del sur de diferente vigor.

II.2. Materiales y métodos

II.2.1. Localización del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en un establecimiento ubicado en la ciudad de La Unión (ex Unión Ferroviaria), a 40 kilómetros de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires en el partido de Ezeiza, provincia de Buenos Aires, República Argentina (34° 53' Lat S 58° 34' Long O, altitud 12 m s.n.m) por un lapso de tres ciclos anuales de crecimiento consecutivos (2009 - 2012).

El clima de la región corresponde al tipo Cca (templado húmedo con precipitaciones en todas las estaciones) según la clasificación de Köpen (1931). La precipitación anual varía entre los 700 y 1000 mm, y la distribución de las mismas es menor en los meses de mayo y junio, alcanzando su máximo en los meses de verano. La temperatura media anual es de 17°C, siendo el mes más cálido enero (28-30°C) y los meses más fríos julio y agosto (4-6 °C). Los datos agrupados por mes durante el periodo 2009 – 2012 de precipitaciones, temperaturas máximas, temperaturas mínimas y acumulación de horas de frío ($t^{\circ} < 7^{\circ}\text{C}$) se visualizan en la figura 3. En este período los valores se encontraron dentro de los promedios para la década 2002 - 2012. Las horas de frío acumuladas alcanzaron las 400 horas (INTA Castelar 2012).

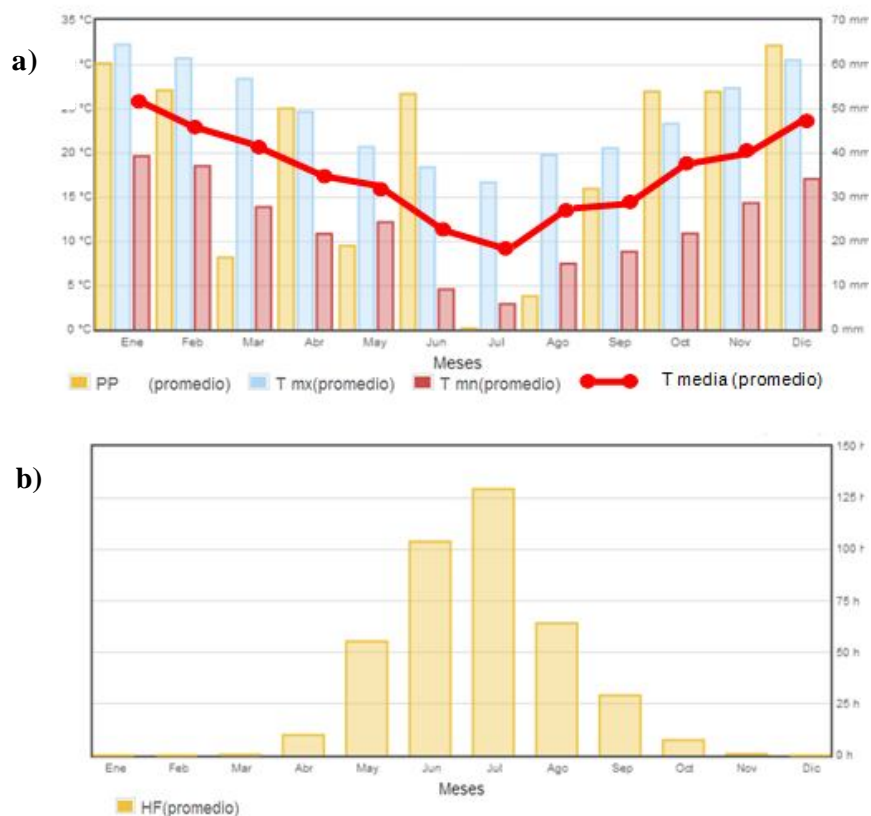


Figura 3: a) Promedios mensuales (2009 – 2012) de precipitaciones (PP), temperaturas máximas (T mx), temperaturas mínimas (T mn), temperaturas medias (Tmedia) y b) promedios mensuales de horas de frío (HF) ($t^{\circ} < 7^{\circ}\text{C}$) para la zona de Castelar (Bs As). Datos elaborados por SIGA. Sistema de Información y Gestión Agrometeorológico (2012).

II.2.2. Material vegetal y del ensayo

En los ensayos se utilizaron plantas de AAS (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico), cv. ‘O’Neal’ de mediano a bajo vigor y cv ‘Star’ de alto vigor.

El ensayo comenzó con plantas de un año, que se trasplantaron en macetas de 10 litros en junio de 2009, durante el período de reposo. El sustrato utilizado estuvo compuesto por turba rubia “musgo sphagnum” originaria de Tierra del Fuego (25%), tierra negra (44%), y resaca (31%). El pH de la mezcla fue de 4.87. Se aportó riego complementario. La fertilización se calculó para cubrir la demanda de los nutrientes, y el pH del suelo (4,5–5,2) se monitoreó periódicamente. Durante el período de riesgo de heladas, las plantas fueron protegidas con una manta antiheladas.

En el invierno de 2010 y 2011 se trasplantaron todas las plantas a macetas de mayor volumen de modo que el sistema radical no se encuentre limitado en su crecimiento.

II.2.3. Tratamientos

Se utilizaron 40 plantas de AAS, 20 por cada cultivar, a estas plantas se les aplicó cuatro tratamientos al azar basados en la remoción de yemas florales en cantidades decrecientes. A saber,

T0: control, eliminación del 100% de las yemas florales durante los dos primeros años de implantación del cultivo. Este tratamiento representaría el efecto de no cosechar tempranamente.

T1: eliminación del 100% de las yemas florales en el primer año, y del 50% en el segundo año desde la implantación.

T2: eliminación del 50% de las yemas florales en el primer año y el 0% en el segundo año desde la implantación.

T3: no se les eliminaron yemas florales durante los dos primeros años de implantación.

En el 3° año se les permitió fructificar a todos los tratamientos.

La eliminación de las yemas florales se realizó en forma manual durante el período de reposo. En el 1° año de aplicación de los tratamientos la remoción de las yemas florales se realizó cortando la parte apical del brote productivo entre la última yema floral y la primera vegetativa. En el 2° año de aplicación de los tratamientos las yemas florales fueron raleadas en forma individual y alterna dentro de la rama fructífera, y de acuerdo a la proporción de yemas a ralear de cada tratamiento. De esta manera se evitó confundir los posibles efectos de la remoción de las yemas florales con los de dominancia apical.

II.2.4. Metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos

II.2.4.1. Determinar el efecto de la cosecha temprana sobre el crecimiento de los brotes y de las hojas.

El efecto de los tratamientos fue medido a través de las siguientes variables:

-Número de brotes del año insertados sobre ramas primarias

Los datos fueron tomados en dos momentos del ciclo anual de crecimiento, en verano, durante el mes de enero, luego que el crecimiento de los brotes de primavera cesara y a principios de otoño, en el mes de abril, cuando finaliza el crecimiento de los brotes de verano. Se contó la cantidad total de brotes por planta para cada tratamiento.

-Longitud y diámetro de los brotes del año insertados sobre ramas primarias

Las mediciones se realizaron en el mismo momento que el conteo. Se seleccionaron 10 brotes al azar por planta de cada tratamiento. El diámetro fue medido con un calibre digital. El espesor de los brotes fue tomado desde su base, y la longitud se midió desde la base al ápice del brote utilizando una cinta milimetrada.

-Número de hojas por planta

En el mismo momento en que se midió el número, longitud y diámetro de brotes de primavera y de verano se seleccionaron al azar 10 brotes por planta y por tratamiento, cuando el número de éstos superaron esa cantidad y se utilizó el total de los brotes de la planta cuando el número fue menor a diez y sobre los brotes elegidos se contó el número de hojas. La cantidad de hojas por planta se estimó a partir del número de hojas por brote y el número total de brotes por planta.

-Área foliar unitaria

Se midió sobre hojas totalmente expandidas el largo (L) desde la inserción del pecíolo hasta el ápice de la lámina, y el ancho (A) en la porción más ancha de la hoja. Se utilizaron 15 hojas tomadas al azar por planta y por tratamiento. Las observaciones se realizaron en el mismo momento que se midió el número, longitud y diámetro de brotes del año insertados sobre ramas primarias y el número de hojas por planta. Se utilizó una cinta milimetrada.

Se estimó el área foliar unitaria según la ecuación propuesta por NeSmith (1991).

A saber:

$$\text{Área foliar unitaria (cm}^2\text{)} = 0.31 + 0.62 (L \times A)$$

donde:

0.31 y 0.62 son constantes; L: largo de la hoja (centímetros); A: ancho de la hoja (centímetros)

El área foliar por planta se estimó a partir del número de hojas por planta y el área foliar unitaria.

II.2.4.2. Determinar el efecto de la cosecha temprana sobre los componentes del rendimiento.

Para cumplimentar este objetivo se midieron las siguientes variables:

-Número de yemas florales por planta

Se contó en estado de reposo, y luego de realizar el raleo correspondiente a cada tratamiento, el número total de yemas florales por planta.

-Porcentaje de frutos cuajados

Los datos se obtuvieron mediante la relación:

$$\frac{\text{Número de frutos cosechados/planta} \times 100}{\text{Número de flores/planta}}$$

El número de flores por planta se estimó al momento de la plena floración. Para ello se contó el número de inflorescencias por planta y se multiplicó por el valor promedio de flores por inflorescencia de cada variedad (5 flores/inflorescencia para 'O'Neal'; 7 flores/inflorescencia para 'Star'). Este valor promedio se determinó previamente contando el número de flores por inflorescencia sobre 5 inflorescencias de 20 plantas por variedad tomadas al azar.

El número de frutos cosechados/planta fue contabilizado al final de la cosecha.

-Número de frutos por planta

Semanalmente se realizó la cosecha de los frutos maduros en forma manual por planta y tratamiento.

-Peso fresco individual de frutos

Luego de cada cosecha, se pesaron los frutos individualmente por planta y tratamiento. Se tomó una muestra de 20 frutos en el caso en que el número de frutos recolectados superara esa cantidad.

-Rendimiento total de la planta

Se pesó la fruta cosechada semanalmente por planta individual y por tratamiento.

II.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un DCA (Diseño Completamente Aleatorizado) con arreglo factorial 2 x 4 (2 variedades x 4 tratamientos) con 5 repeticiones por tratamiento. Cada planta de arándano representó la unidad experimental.

Los siguientes análisis estadísticos fueron aplicados a todas las variables estudiadas; excepto el análisis de modelos lineales mixtos, donde sólo se analizaron el rendimiento por planta y el área foliar por planta en ambas variedades:

- Análisis Multivariado. Análisis exploratorio o descriptivo: Método de componentes principales.
- Coeficiente de Correlación. Coeficiente de Pearson. Nivel de significancia del 5%.
- Análisis de Varianza (ANOVA). Test de comparaciones múltiples de Duncan; nivel de significancia del 5%.
- Análisis de Modelos Lineales Mixtos para medidas repetidas en el tiempo. Test de Tukey. Nivel de significancia del 5%.

El modelo de análisis de medidas repetidas en notación matricial es el siguiente:

$$y = X\beta + Z u + \varepsilon$$

$$u \sim N(0, G), \varepsilon \sim N(0, R),$$

$$\text{cov}(\varepsilon, u) = 0$$

$$\Sigma_Y = Z * G * Z' + R$$

donde:

y : vector de la variable (este modelo fue utilizado para dos variables: rendimiento por planta y área foliar total por planta).

X : matriz asociada a los efectos fijos. El diseño experimental es un DCA con arreglo factorial 2 (variedades) x 4 (porcentaje de raleo de yemas florales)

β : vector desconocido de los efectos fijos.

Z : matriz asociada a los efectos aleatorios, en este caso $Z = 0$.

u : vector desconocido de los efectos aleatorios con matriz de covarianzas G .

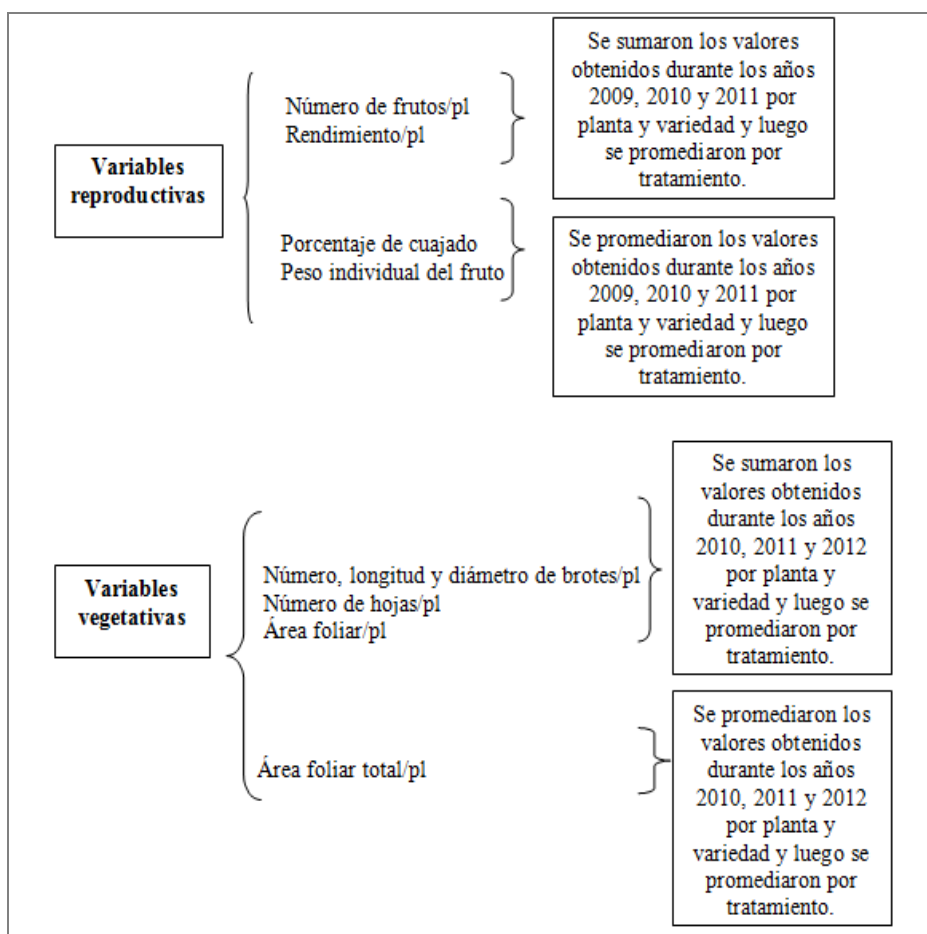
ε : vector de errores con matriz de covarianzas residual R .

Se modela la matriz R para contemplar la posible correlación entre las distintas mediciones en el tiempo. Para determinar su estructura se empleó el criterio de Akaike.

- Matriz de diagramas de dispersión.

Se utilizaron los programas estadísticos SAS 9.2 (2009) e Infostat (Di Rienzo *et al.* 2013).

Nota: En el último tramo del ensayo (fines de marzo 2011) las hojas de todas las plantas presentaron tejido necrosado principalmente en el ápice, reduciendo el área foliar y la capacidad fotosintética de las mismas. Esta situación posiblemente alteró el normal desarrollo del ciclo anual de crecimiento de ese año y del siguiente. Con el objetivo de disminuir el impacto y considerando que la variedad 'O'Neal' fue la más afectada lo que dificultaba la comparación entre las variedades, se decidió analizar las variables vegetativas y reproductivas utilizando en el análisis estadístico la suma o el promedio de los tres años de ensayo, a saber:



II.3. Resultados

II.3.1. Análisis de las variables reproductivas de la variedad 'Star'

Las plantas de 'Star' que presentaron un mayor rendimiento por planta fueron aquellas con mayor peso individual de los frutos ($r = 0.73$) (Fig. 4).

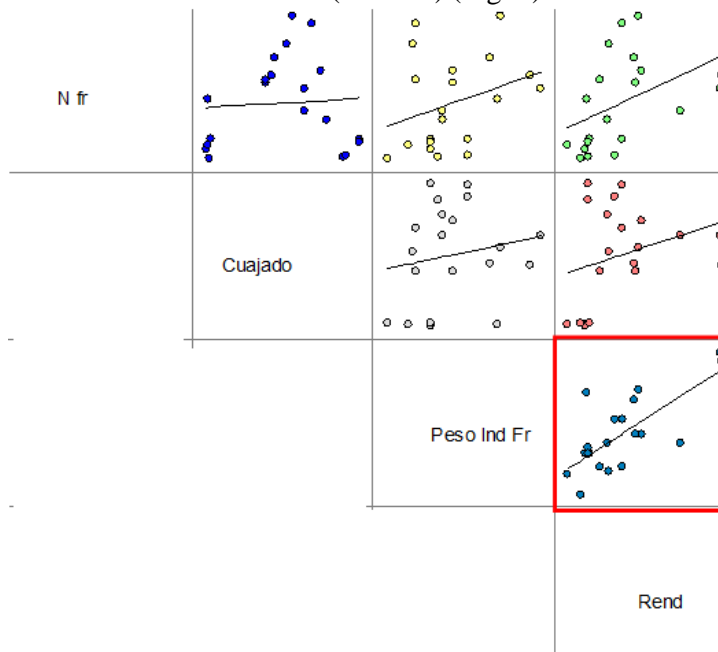


Figura 4: Matriz de diagramas de dispersión de las variables reproductivas de la variedad 'Star'. (N fr: número de frutos por planta; Cuajado: porcentaje de cuajado; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). La correlación enmarcada en rojo fue significativa según el coeficiente de Pearson al 5%.

En la Fig. 5 se muestra el análisis de los componentes principales para las variables reproductivas de la variedad 'Star'. En este cultivar, las variables relacionadas al fruto, es decir, número y principalmente rendimiento y peso individual tuvieron el mayor peso (CP1 = 53%). Considerando que en el gráfico de componentes principales los puntos ubicados cerca de los vectores correspondientes a las variables están asociados a esas variables, y que los puntos situados en cuadrantes opuestos se diferencian marcadamente; el rendimiento y el peso individual del fruto estuvieron más asociados al tratamiento T1 y la situación opuesta se observó en el tratamiento T0 (CP1). Por otro lado, en el CP2, el número de frutos y el porcentaje de cuajado mostraron direcciones opuestas y separaron las observaciones pertenecientes al tratamiento T3, más cercano al número de frutos, del tratamiento T2 más asociado al cuajado de los frutos. Es de destacar que el tratamiento T0 fue el que menos asociación tuvo con todos los componentes del rendimiento.

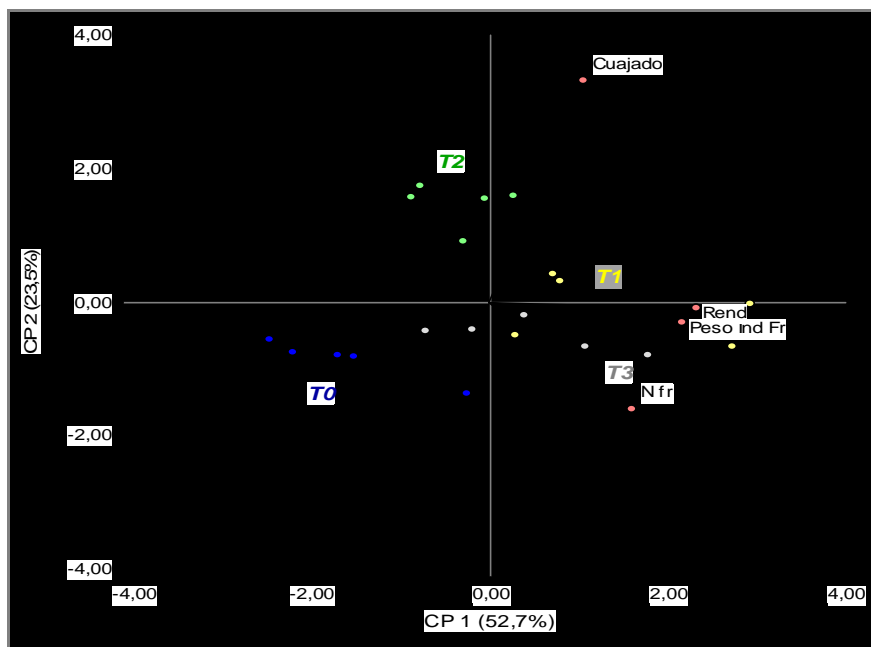


Figura 5: Análisis de componentes principales para las variables reproductivas de la variedad ‘Star’. (N fr: número de frutos por planta; Cuajado: porcentaje de cuajado; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Como resultado de los análisis de varianza se determinó que a excepción del peso individual del fruto las variables porcentaje de cuajado, número de frutos por planta y rendimiento por planta se diferenciaron estadísticamente entre los tratamientos (Fig. 6). Las plantas del tratamiento T0 (que desarrollaron un elevado número de yemas florales por planta en el último año productivo en el que no se hizo raleo de yemas florales; Tabla 3), presentaron los valores más bajos de cuajado de frutos, número de frutos por planta a la cosecha y rendimiento acumulado. En plantas del tratamiento T1, valores intermedios de porcentaje de cuajado y número de frutos permitieron alcanzar el mayor rendimiento por planta. En el tratamiento T2, hubo una fuerte caída del número de yemas florales por planta en el último año productivo (Tabla 3), lo cual generó una baja cantidad de estos destinos en la suma de los tres años de ensayo, donde a pesar del elevado porcentaje de cuajado la cantidad de frutos no fue suficiente para alcanzar rendimientos elevados. En el tratamiento T3, se combinaron un porcentaje de cuajado intermedio, y una gran cantidad de frutos, pero a pesar de ello no logró el mejor rendimiento (Fig. 6).

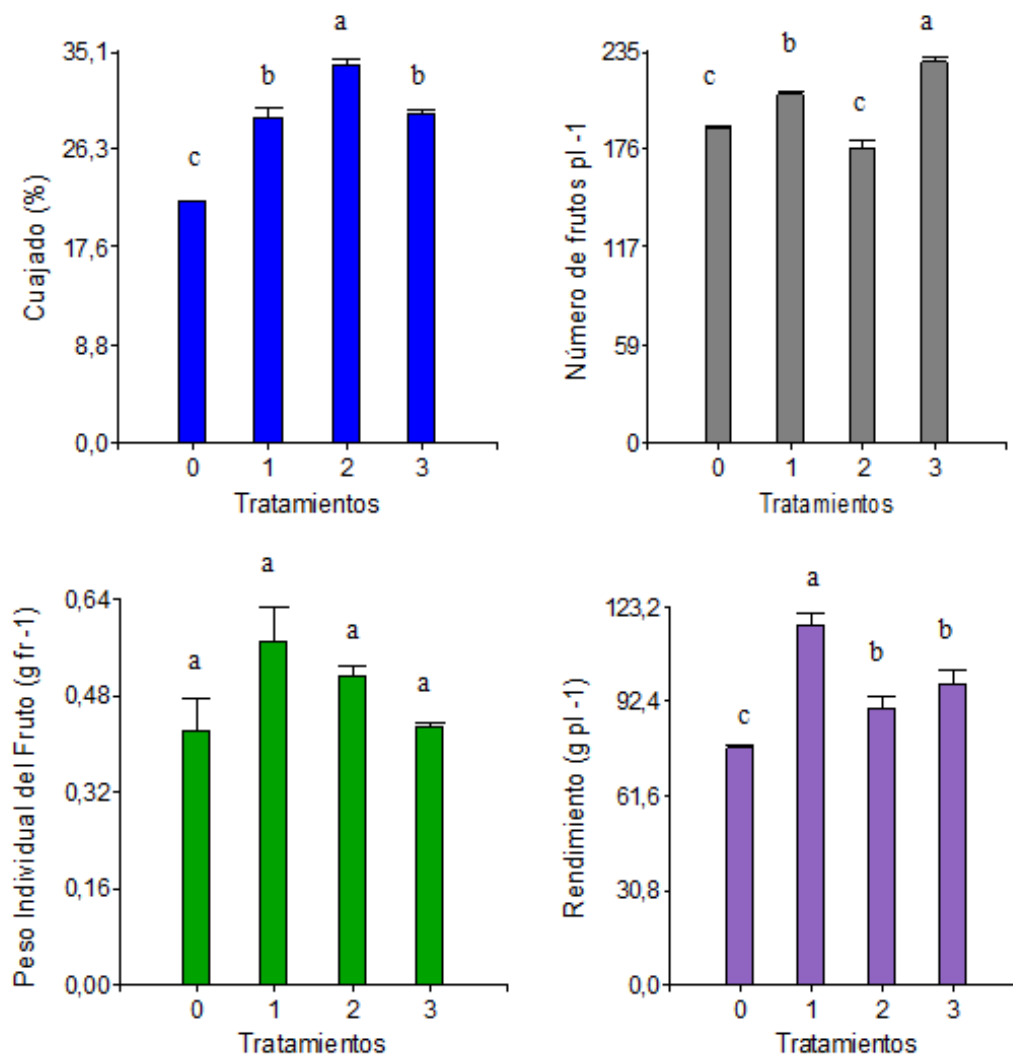


Figura 6: Valores medios de los tratamientos de porcentaje de cuajado, número de frutos por planta, peso individual del fruto y rendimiento por planta, en arándano cv 'Star'. Los datos corresponden a la suma de los tres años en el caso del número de frutos por planta y rendimiento por planta y al promedio de los tres años en el caso del porcentaje de cuajado y el peso individual del fruto. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Tabla 3: Efecto de la cosecha temprana sobre las variables reproductivas de la variedad ‘Star’. Datos correspondientes a los tres años de estudio. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Variable		%	Nº frutos	Peso	Rendimiento
Tratamientos		cuajado	por planta	individual	(g pl ⁻¹)
				fruto (g)	
2009					
T0		-	0	-	0
T1		-	0	-	0
T2		39	8	0.53	4.2
T3		40	14	0.47	6.6
2010					
T0		-	0	-	0
T1		30	64	0.62	39.7
T2		35	140	0.67	93.8
T3		28	120	0.50	60
2011		Nº			
	YF/pl**				
T0	124	22	191	0.42	80.2
T1	74	28	145	0.51	73.9
T2	18	23	29	0.29	8.4
T3	59	22	91	0.31	28.2

** En el último periodo reproductivo (2011) todos los tratamientos fructificaron.

Una de las variables más importantes, dentro del componente reproductivo, es el rendimiento por planta. Por ello se realizó un análisis de modelos mixtos con medidas repetidas en el tiempo para observar la evolución de esta variable a lo largo de los años de ensayo. Éste análisis mostró una interacción significativa tratamiento*año ($p < .0001$), por lo tanto, se analizaron los tratamientos dentro de cada año productivo.

Los tratamientos de raleo de yemas florales no afectaron al rendimiento por planta durante el primer año productivo (en los tratamientos a los que se les dejaron yemas florales), sin embargo hubo diferencias estadísticamente significativas en los años siguientes (Fig. 7). En el segundo año productivo, el tratamiento T2 presentó mayor porcentaje de cuajado, número de frutos, peso individual de fruto y finalmente mayor rendimiento por planta comparado con el tratamiento T3. El tratamiento T1 si bien mostró valores intermedios entre T2 y T3 en porcentaje de cuajado y peso individual del fruto, debido al bajo número de frutos no alcanzó un buen rendimiento. En el último año los tratamientos T0 y T1 presentaron la mayor producción por planta asociado principalmente al mayor número de frutos y al peso individual del fruto (Tabla 3). La abrupta caída del rendimiento en el último año del tratamiento T2 estaría relacionada con el bajo número de yemas florales, número de frutos y peso individual de los mismos que presentaron estas plantas (Tabla 3).

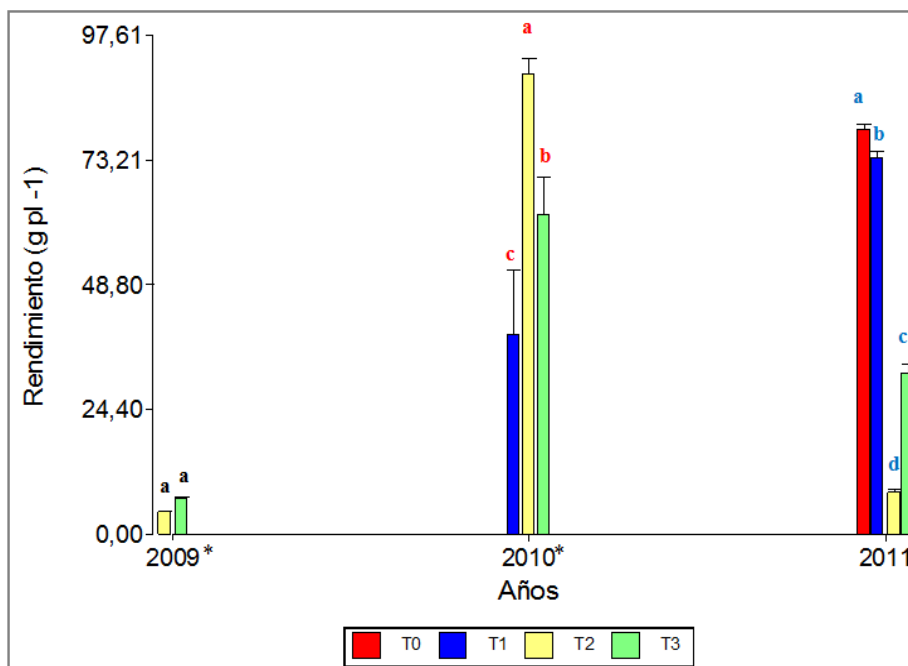


Figura 7: Rendimiento por planta de arándano cv. 'Star' sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales (g pl^{-1}). Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

*En los dos primeros años de estudio sólo se realizó el análisis estadístico entre los tratamientos con presencia de yemas florales.

+Todas las plantas independientemente del tratamiento al que fueron sometidas en los dos primeros años presentaron producción de fruta.

II.3.2. Análisis de las variables reproductivas de la variedad 'O'Neal'

En la variedad 'O'Neal' las plantas con mayor rendimiento produjeron una mayor cantidad de frutos ($r = 0.97$) y de mayor peso individual ($r = 0.81$); además se observó una fuerte asociación positiva entre éstas dos últimas variables ($r = 0.79$) (Fig. 8).

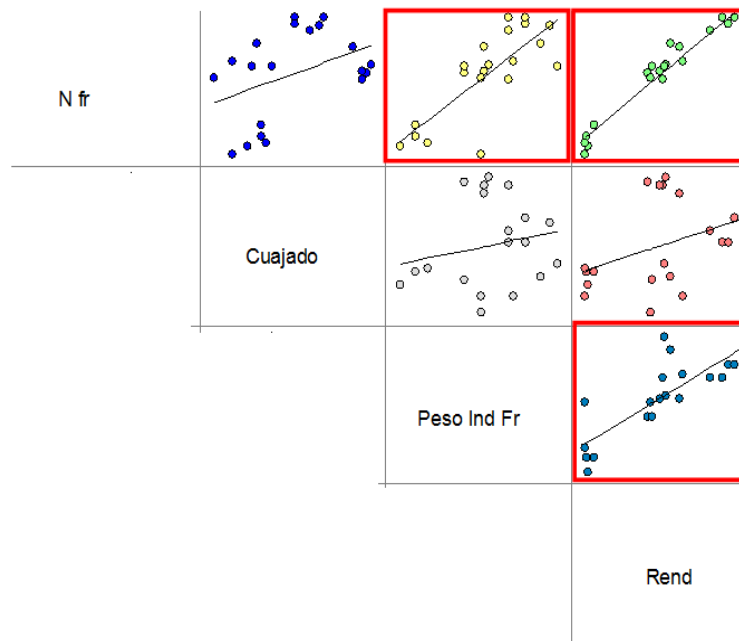


Figura 8: Matriz de diagramas de dispersión de las variables reproductivas de la variedad 'O'Neal'. (N fr: número de frutos por planta; Cuajado: porcentaje de cuajado; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

En la Fig. 9 se muestra el gráfico de componentes principales para las variables reproductivas del cv. 'O'Neal'. Las variables relacionadas al fruto (número, peso individual y rendimiento) tuvieron un importante peso (CP1 = 73%). Las observaciones correspondientes al tratamiento T2 se ubicaron próximas a las variables mencionadas, indicando un mejor comportamiento de los componentes del rendimiento en este tratamiento. El caso contrario se observó con los puntos pertenecientes al tratamiento T0. El porcentaje de cuajado se contrapuso al peso individual del fruto y fue la variable de mayor peso en el CP2, separando las observaciones correspondientes al tratamiento T1 (próximas a ésta variable) de los puntos pertenecientes al tratamiento T3. Es de destacar que las observaciones correspondientes al tratamiento T0 siempre se encontraron alejadas de los vectores correspondientes a las variables analizadas, indicando bajos valores en todas ellas.

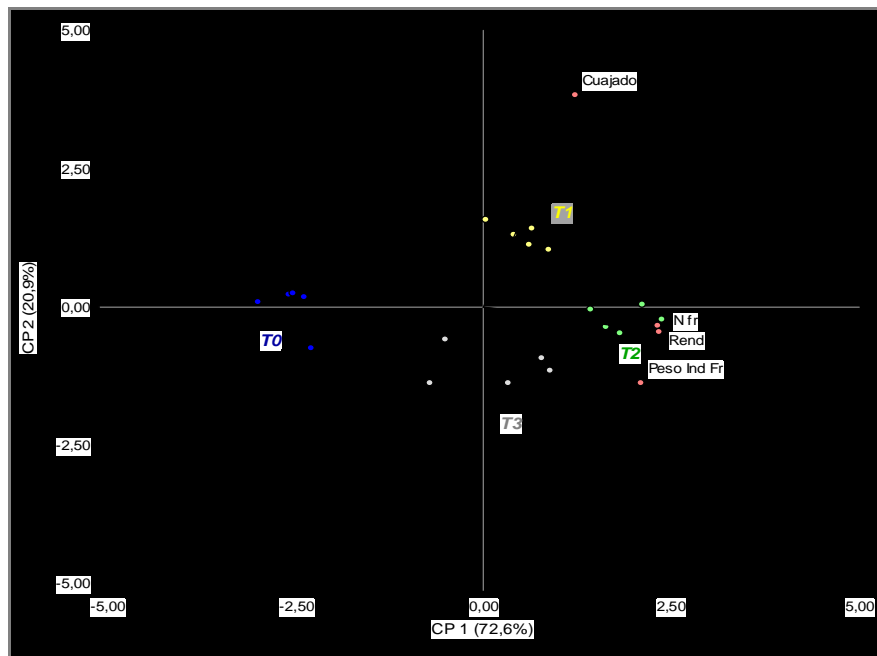


Figura 9: Análisis de componentes principales para las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’. (N fr: número de frutos por planta; Cuajado: porcentaje de cuajado; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Los resultados de los análisis de varianza mostraron que todas las variables reproductivas se diferenciaron estadísticamente. El tratamiento T0 obtuvo los valores más bajos en todas las variables analizadas (condición observada en la Fig. 9), mientras que el tratamiento T2 presentó el mayor rendimiento por planta, dado por la gran cantidad de frutos y el alto peso individual de estos. Los tratamientos T1 y T3 no se diferenciaron estadísticamente entre ellos en el rendimiento, número de frutos y peso individual del fruto, a pesar que las plantas del tratamiento T1 presentaron un alto porcentaje de cuajado, y que en el tratamiento T3, el porcentaje de cuajado fue inferior (Fig. 10).

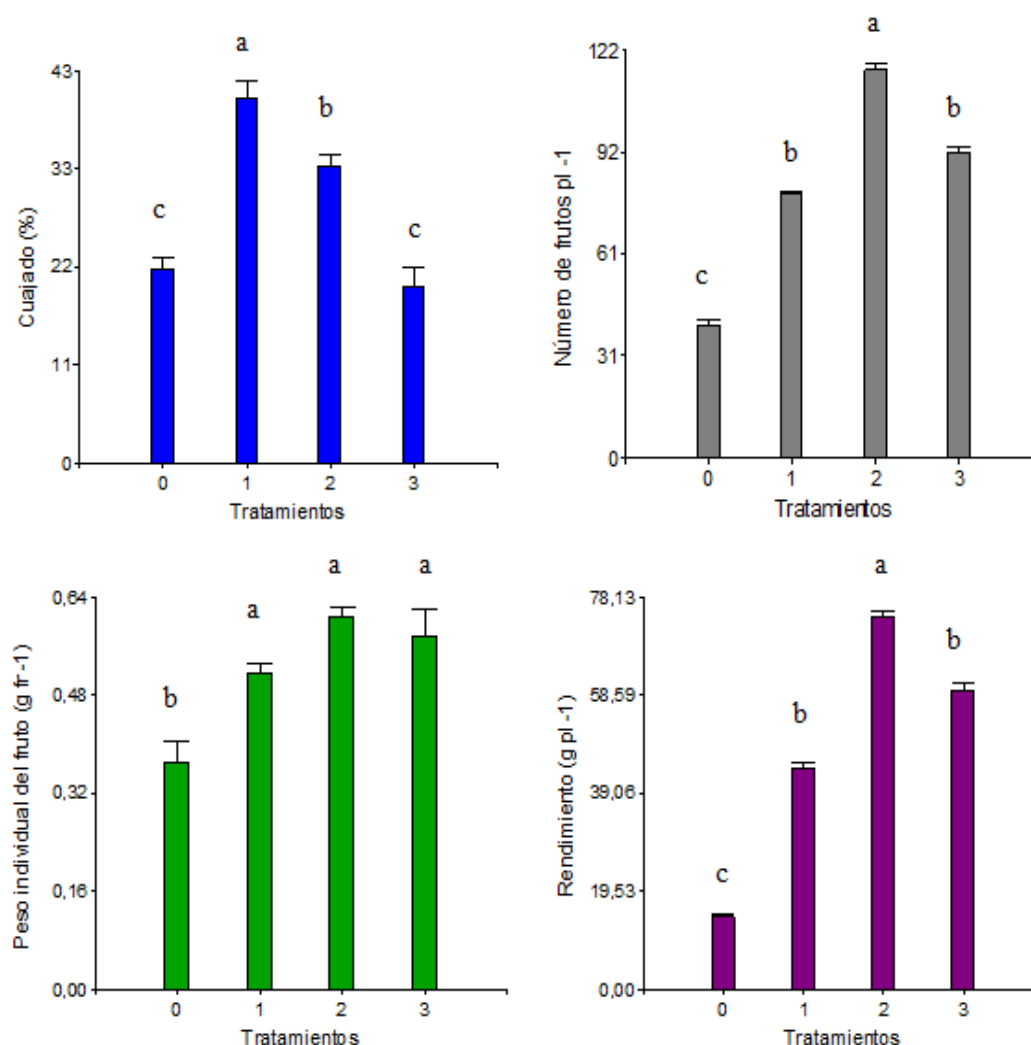


Figura 10: Valores medios de los tratamientos de porcentaje de cuajado, número de frutos por planta, peso individual del fruto y rendimiento por planta de arándano cv 'O'Neal'. Los datos corresponden a la suma de los tres años en el caso del número de frutos por planta y rendimiento por planta y al promedio de los tres años en el caso del porcentaje de cuajado y el peso individual del fruto. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

El análisis de medidas repetidas utilizando modelos mixtos mostró que el rendimiento por planta presentó una interacción significativa tratamiento*año ($p < 0.0001$). Debido a esto, se analizaron los tratamientos dentro de cada año productivo (Fig. 11). En el primer año los tratamientos con yemas florales se diferenciaron estadísticamente. El tratamiento T2 presentó el mayor rendimiento asociado al mayor número de frutos, y peso individual del fruto. En el segundo año esta diferencia no se mantuvo, y por el contrario ambos tratamientos (T2 y T3) obtuvieron valores altos y similares de rendimiento. El tratamiento T1, en su primer año de fructificación, no logró compensar el bajo número de frutos. En el último año, donde no se ralearon las yemas florales, los tratamientos T0 y T1 alcanzaron los máximos valores de rendimiento. Para lograr este

resultado el número de yemas florales promedio por planta, el número de frutos y el peso individual del fruto fueron determinantes. Aunque, cabe destacar que entre los dos primeros tratamientos se produjo la mayor diferencia en el porcentaje de cuajado (Tabla 4).

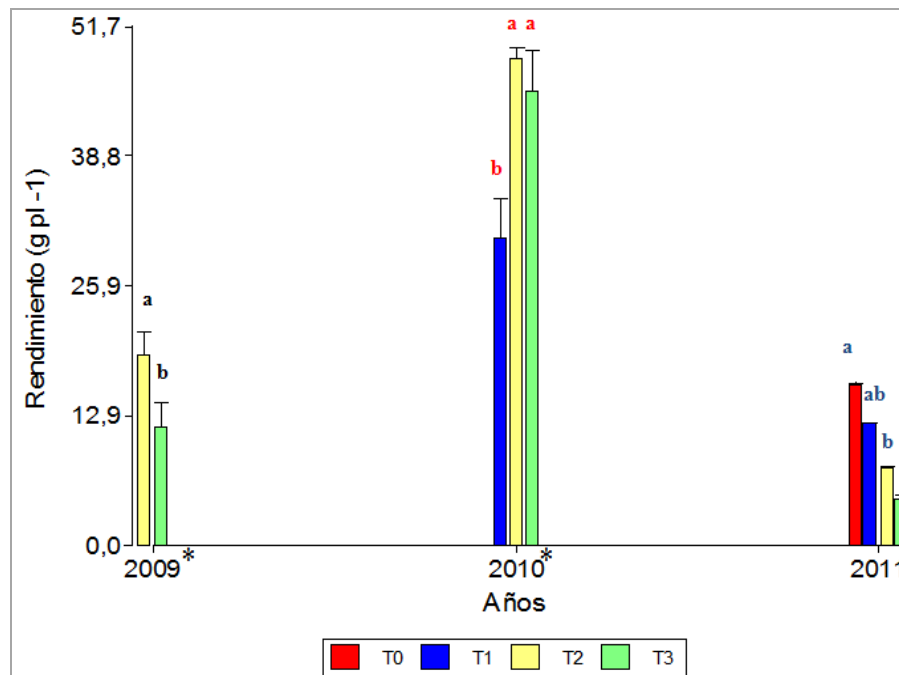


Figura 11: Rendimiento por planta de arándano cv. 'O'Neal' sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales (g pl^{-1}). Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

*En los dos primeros años de estudio sólo se realizó el análisis estadístico entre los tratamientos con presencia de yemas florales.

+Todas las plantas independientemente del tratamiento al que fueron sometidas en los dos primeros años presentaron producción de fruta.

Tabla 4: Efecto de la cosecha temprana sobre las variables reproductivas de la variedad ‘O’Neal’. Datos correspondientes a los tres años de estudio. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Variable Tratamientos	% cuajado	N° frutos por planta	Peso individual fruto (g)	Rendimiento (g pl ⁻¹)
2009				
T0	-	0	-	0
T1	-	0	-	0
T2	43	25	0.75	18.7
T3	13	18	0.64	11.5
2010				
T0	-	0	-	0
T1	40	35	0.86	30.1
T2	29	60	0.8	48
T3	18	51	0.91	46.4
2011	N° YF/pl**			
T0	42	21	44	0.37
T1	27	36	49	0.25
T2	16	33	26	0.27
T3	17	28	24	0.17

** En el último periodo reproductivo (2011) todos los tratamientos fructificaron.

II.3.3. Análisis de las variables vegetativas de crecimiento anual (brotes y hojas) de la variedad ‘Star’

En la variedad ‘Star’, las plantas con mayor número de hojas y diámetro de los brotes ($r = 0.7$), presentaron menor área foliar unitaria ($r = -0.56$ en ambos casos). A su vez, ese menor área foliar unitaria estuvo asociada a un mayor número de brotes por planta ($r = -0.51$) (Figura 12).

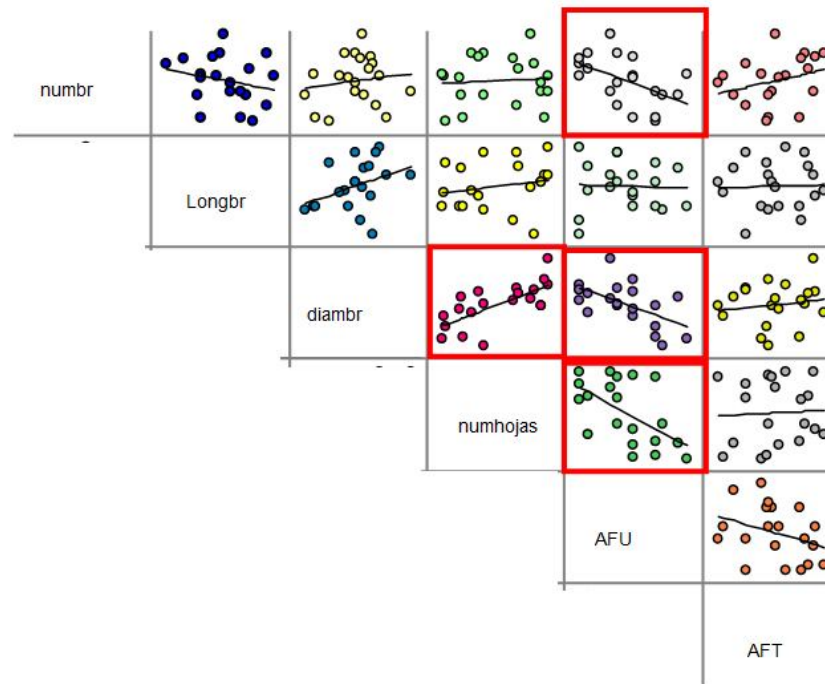


Figura 12: Matriz de diagramas de dispersión para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad 'Star' (Longbr: longitud de brotes por planta; numbr: número de brotes por planta; diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFU: área foliar unitaria; AFT: área foliar total por planta). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

En la Fig. 13 se muestra el análisis de los componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual de la variedad 'Star'. En este cultivar se observó que el área foliar unitaria se encuentra en sentido opuesto al diámetro de los brotes por planta y al número de hojas por planta (CP1 = 42%). Las observaciones correspondientes al tratamiento T2 se ubicaron próximas al área foliar unitaria y alejadas del número de hojas y diámetro de los brotes; la situación inversa se observó con el tratamiento T3 (CP1).

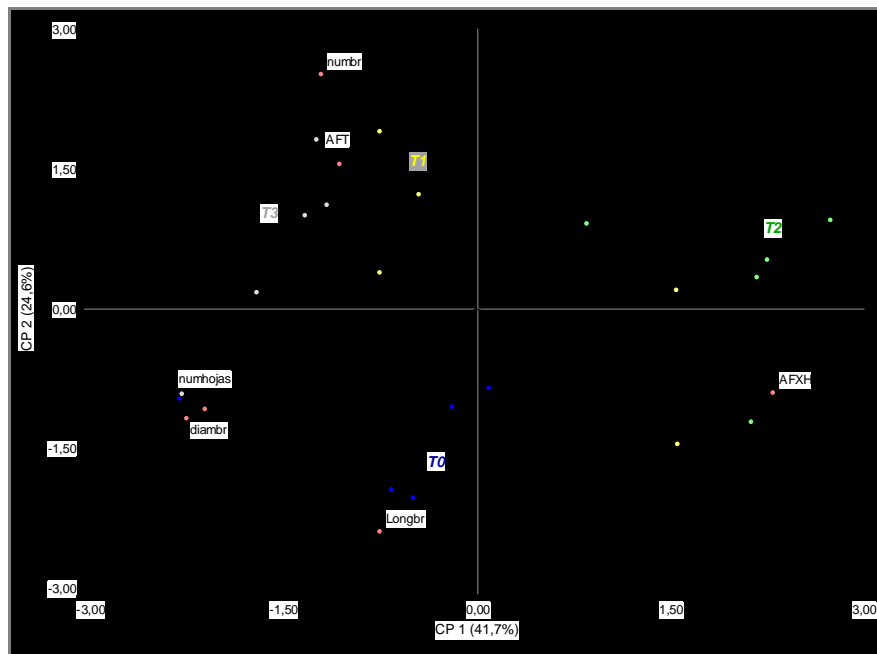


Figura 13: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad ‘Star’ (numbr: número de brotes por planta; Longbr: longitud de brotes por planta; diambr: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFXH: área foliar por hoja o unitaria; AFT: área foliar total por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

En los análisis de varianza se observó que las variables número de hojas por planta, área foliar unitaria (o área foliar por hoja), diámetro y número de brotes por planta se diferenciaron estadísticamente, mientras que el área foliar total y la longitud de los brotes no mostraron diferencias (Fig. 14). Los tratamientos T2 y T3 presentaron comportamientos extremos en las variables que presentaron diferencias estadísticas. El tratamiento T2 obtuvo el mayor área foliar unitaria con el menor número y diámetro de brotes por planta y número de hojas por planta; mientras que el tratamiento T3 mostró la situación inversa. Situaciones intermedias se observaron en los tratamientos T0 y T1 (Fig. 14).

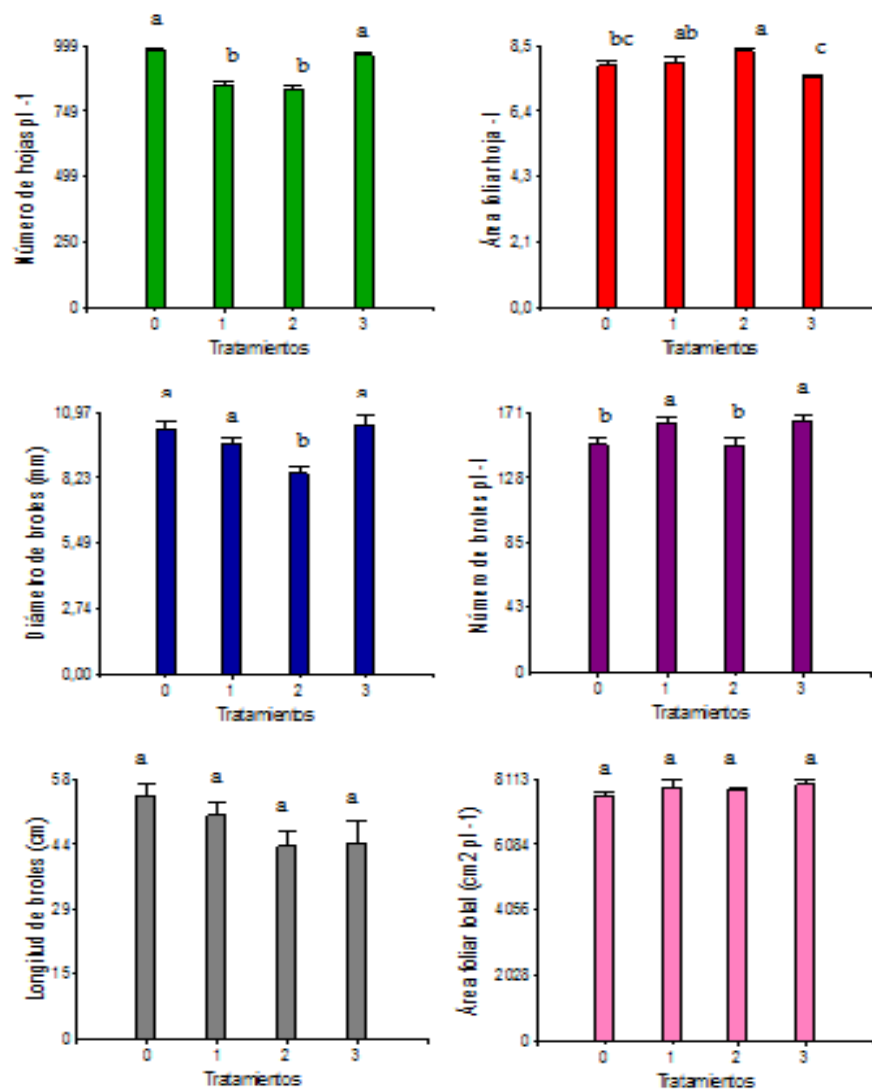


Figura 14: Valores medios de los tratamientos de número de hojas por planta, área foliar por hoja (o unitaria), diámetro de brotes por planta, número de brotes por planta, longitud de brotes por planta y área foliar total por planta de arándano, cv 'Star'. Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1º año y 50% en el 2º año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1º año y 0% en el 2º año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Con el objetivo de analizar la evolución del área foliar total por planta durante los años de ensayo se realizó un análisis de medidas repetidas utilizando modelos mixtos. Este análisis mostró que el área foliar total por planta presentó una interacción significativa tratamiento*año ($p < .0001$). Debido a esto, se analizaron los tratamientos dentro de cada año (Fig. 15). El área foliar total por planta fue afectada por los tratamientos durante todos los años del ensayo. En el primer año, los tratamientos T0 y T2 mostraron los valores extremos, siendo el tratamiento T2 el de mayor área foliar por planta, mientras que los tratamientos T1 y T3 presentaron valores intermedios. Durante el segundo año, excepto el tratamiento T0 que presentó el menor valor, el resto de los tratamientos no se diferenciaron estadísticamente. En cambio, en el último ciclo, todos los tratamientos se

diferenciaron y T0 obtuvo el mayor área foliar por planta revirtiendo la tendencia de los años anteriores (Fig.15).

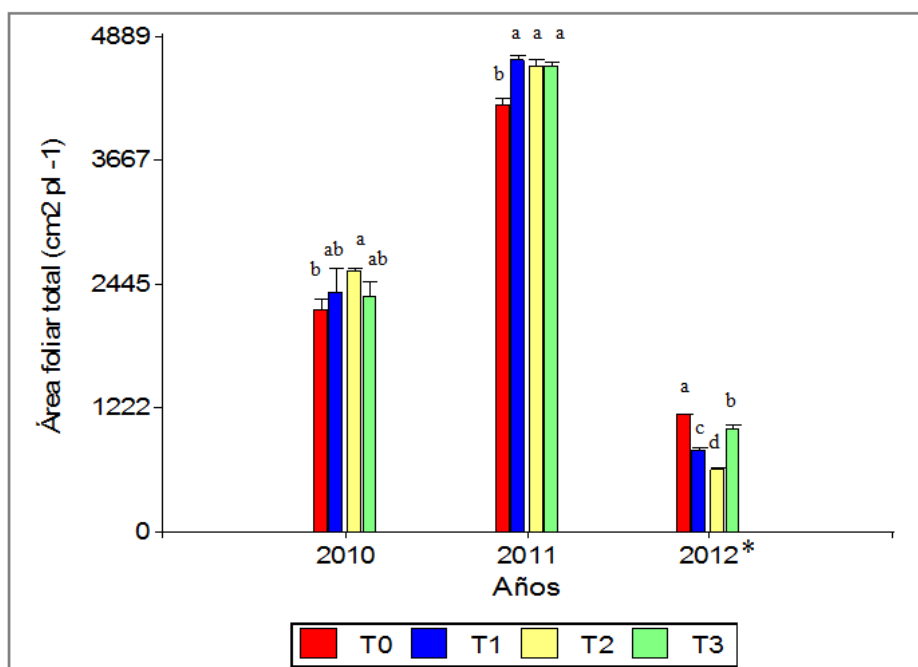


Figura 15: Área foliar total por planta de arándano del cv. ‘Star’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales ($\text{cm}^2 \text{pl}^{-1}$). Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

*Debido a que el tejido foliar presentó necrosis en el ápice, el área foliar en el año 2011 afectó el desarrollo durante el último año.

II.3.4. Análisis de las variables vegetativas de crecimiento anual (brotes y hojas) de la variedad ‘O’Neal’

En el cultivar ‘O’Neal’ las plantas con mayor área foliar por planta presentaron mayor número de hojas ($r = 0.92$) pero de menor área foliar unitaria ($r = -0.54$), y mayor número de brotes ($r = 0.59$), pero de menor diámetro ($r = -0.78$). Además, el número de hojas se asoció positivamente con el número de brotes ($r = 0.76$), pero negativamente con el diámetro de éstos ($r = -0.76$) y finalmente, ésta última variable correlacionó positivamente con el área foliar unitaria ($r = 0.68$) (Fig. 16).

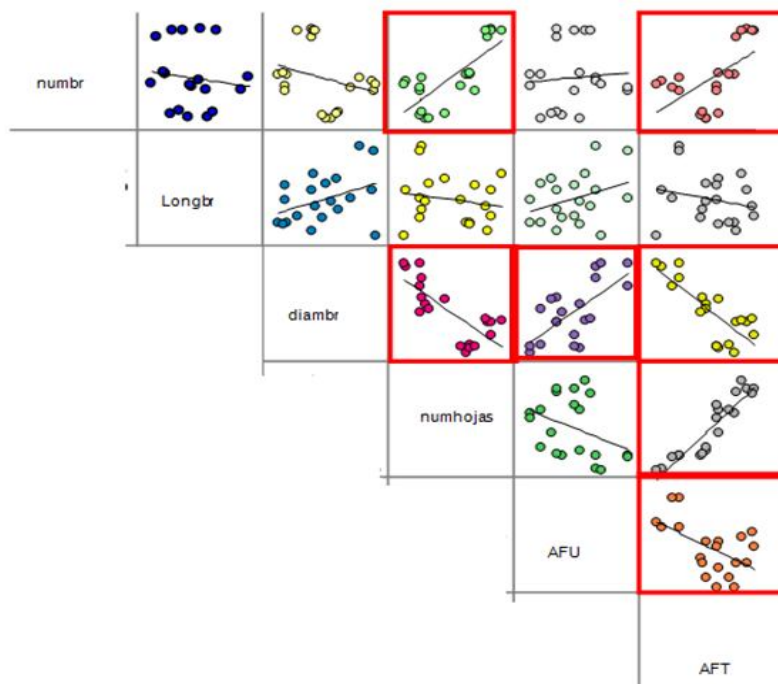


Figura 16: Matriz de diagrama de dispersión para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad 'O'Neal' (Longbr: longitud de brotes por planta; numbr: número de brotes por planta; diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFU: área foliar unitaria; AFT: área foliar total por planta). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

En la Fig. 17 se muestra el análisis de los componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual de la variedad 'O'Neal'. Allí se observa que el área foliar total por planta y el número de hojas por planta (con igual sentido) y el diámetro de los brotes por planta (con sentido opuesto) fueron las variables de mayor peso (CP1 = 58%). El área foliar total y el número de hojas separaron las observaciones correspondientes a los tratamientos T2 y T3 más próximos a ellas de los puntos concernientes a los tratamientos T0 y T1 más alejados.

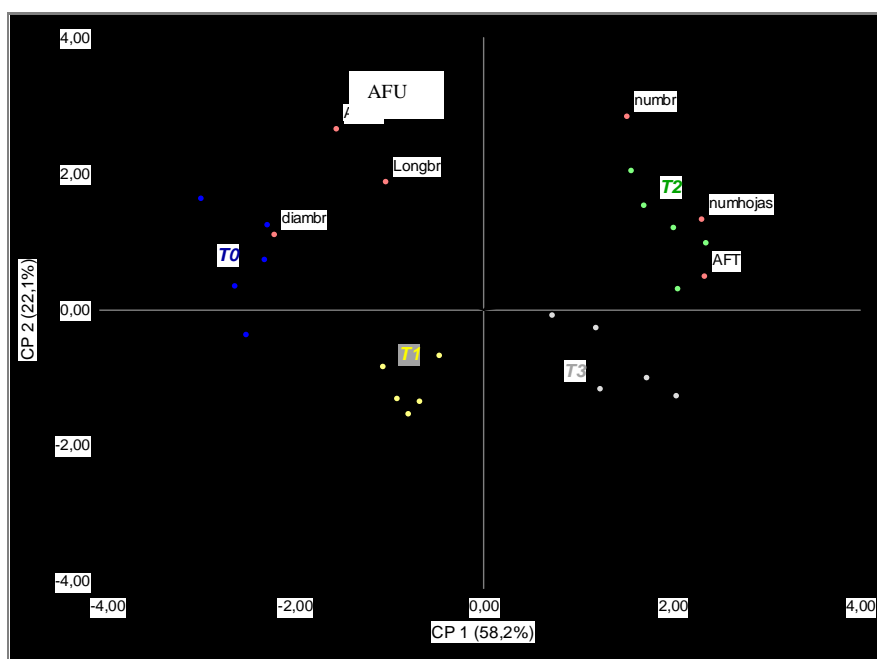


Figura 17: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual en la variedad 'O'Neal' (numbr: número de brotes por planta; Longbr: longitud de brotes por planta; diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFU: área foliar unitaria; AFT: área foliar total por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

En los análisis de varianza se observó que excepto la longitud de los brotes, el resto de las variables vegetativas se diferenciaron estadísticamente. Los tratamientos T0 y T2 presentaron comportamientos extremos. El tratamiento T0 mostró los valores más bajos de área foliar total y número de hojas y los más altos de área foliar unitaria y diámetro de brotes. En cambio el tratamiento T2, mostró un mayor área foliar total, número de hojas y número de brotes. Situaciones intermedias se observaron en los tratamientos T1 y T3 (Fig. 18).

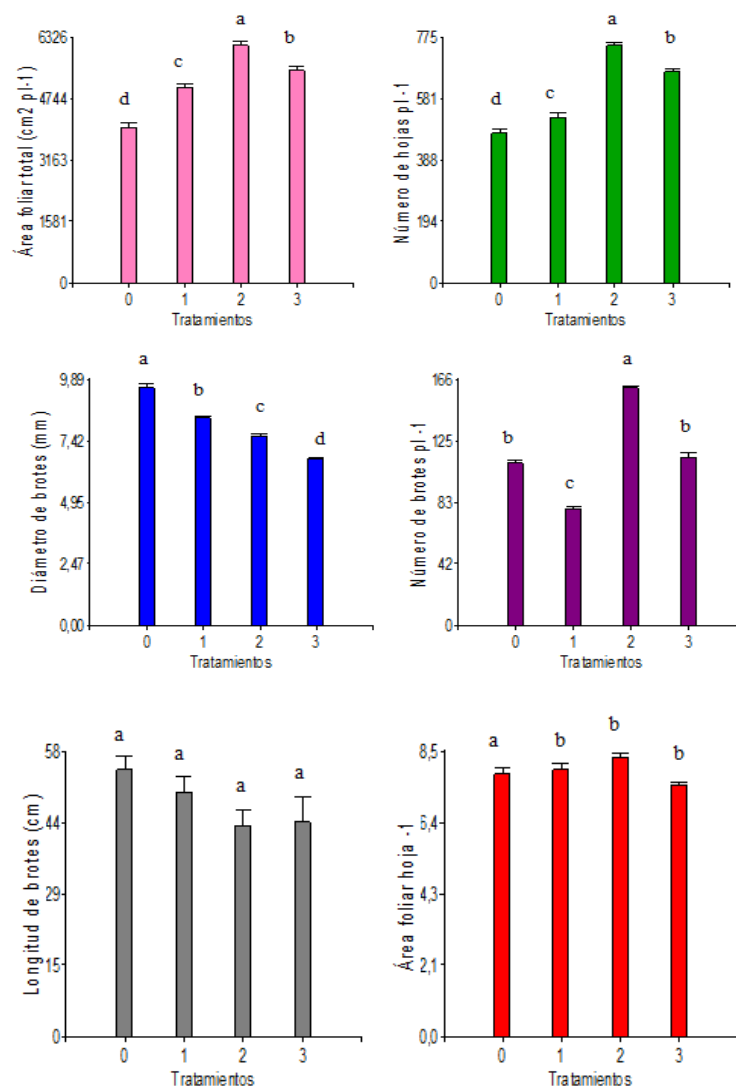


Figura 18: Valores medios de los tratamientos de número de hojas por planta, área foliar total por planta, área foliar por hoja (o unitaria), número, longitud y diámetro de brotes por planta de arándano, cv 'O'Neal'. Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1º año y 50% en el 2º año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1º año y 0% en el 2º año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Al igual que en 'Star' se realizó un análisis de medidas repetidas utilizando modelos mixtos para observar la evolución del área foliar total por planta durante los años de ensayo. En este análisis se observó que los tratamientos de raleo de yemas florales afectaron al área foliar total por planta en los tres años estudiados. En el primer ciclo vegetativo los tratamientos extremos en cuanto al porcentaje de raleo de yemas florales también mostraron los valores extremos de área foliar, siendo el tratamiento con menor raleo de yemas florales (T3) el que presentó mayor valor. En los dos años siguientes, esta tendencia se modificó y el tratamiento T2 alcanzó los valores más altos, mientras

que los tratamientos T0 y T1 presentaron la menor área foliar al finalizar el último periodo vegetativo (Fig. 19).

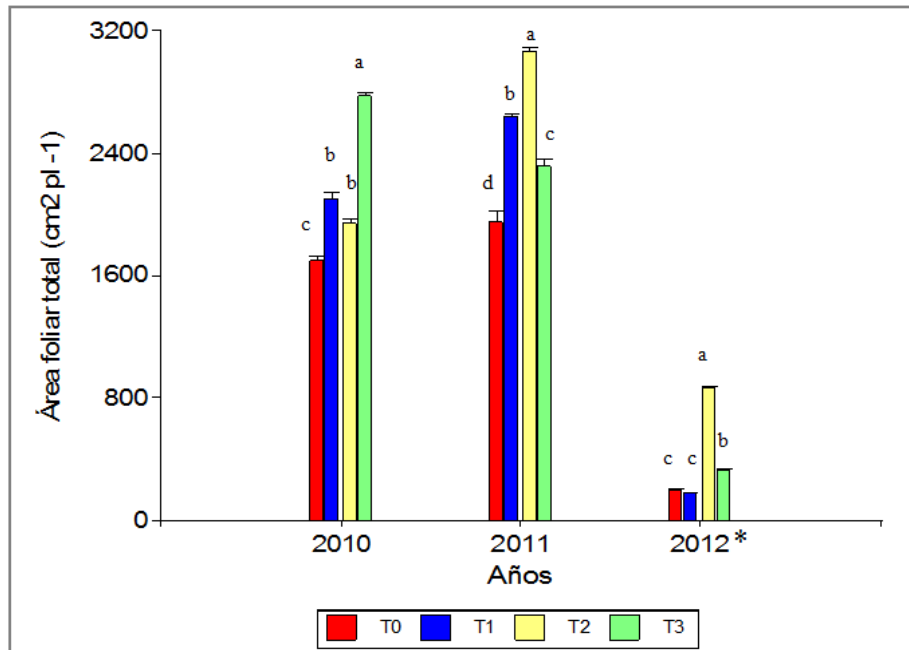


Figura 19: Área foliar total por planta de arándano del cv ‘O’Neal’ sometida a los distintos porcentajes de raleo de yemas florales ($\text{cm}^2 \text{pl}^{-1}$). Datos correspondientes a los tres años de estudio. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

*Debido a que el tejido foliar presentó necrosis en el ápice, el área foliar en el año 2011 afectó el desarrollo durante el último año.

II.3.5. Análisis de las variables de los componentes vegetativos y reproductivos de ‘Star’

Para analizar la relación entre los componentes vegetativos y reproductivos se tomó como criterio considerar las variables de mayor peso (CP1). En el caso del desarrollo reproductivo se tuvieron en cuenta el número de frutos, el peso individual de los frutos y el rendimiento por planta (Fig. 5), en cambio, en las variables vegetativas se consideró el área foliar unitaria, el número de hojas y el diámetro de los brotes (Fig. 13) y, además se incorporó el área foliar total debido a la preponderancia que tiene ésta variable sobre el crecimiento de la planta.

En la Fig. 20 se pudo observar que las plantas de ‘Star’ con mayor cantidad de frutos presentaron mayor diámetro de los brotes ($r = 0.5$) y área foliar total ($r = 0.46$), pero menor área foliar unitaria ($r = -0.63$).

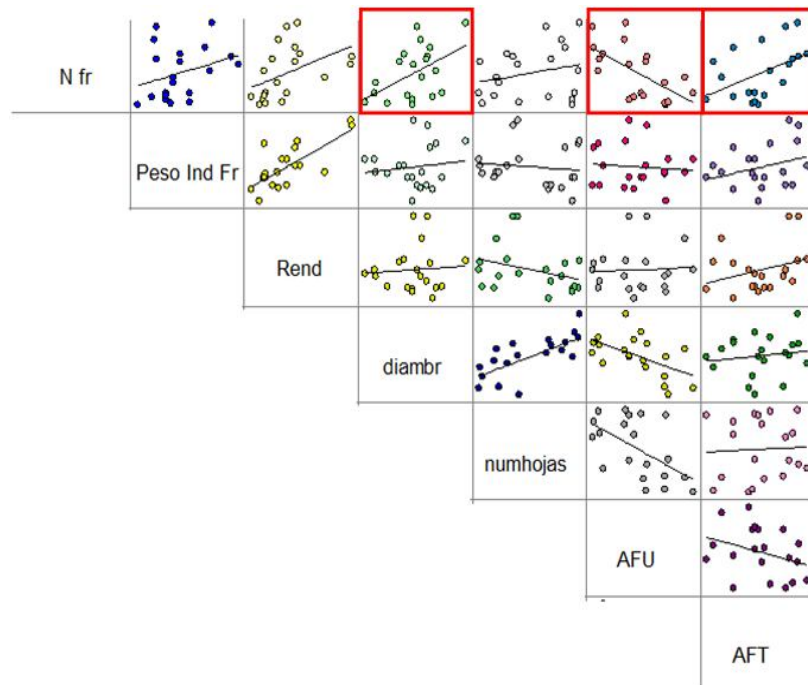


Figura 20: Matriz de diagramas de dispersión para las variables del crecimiento vegetativo y reproductivo en la variedad 'Star' (diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFU: área foliar unitaria; AFT: área foliar total; N fr: número de frutos por planta; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

En la Fig. 21 se muestra el análisis de los componentes principales para las variables vegetativas y reproductivas seleccionadas de la variedad 'Star'. El número de frutos, el diámetro de los brotes y el área foliar total (con igual sentido) y el área foliar unitaria (de sentido opuesto) tuvieron mayor peso (CP1) y separaron las observaciones correspondientes al tratamiento T3 más cercanas al número de frutos, diámetro de los brotes y área foliar total y alejadas del área foliar unitaria del tratamiento T2 cuya situación fue inversa. Por otro lado, el rendimiento y el peso individual separaron los puntos correspondientes al tratamiento T1, más cercanos a estas variables, del tratamiento T0 más alejados a ellas.

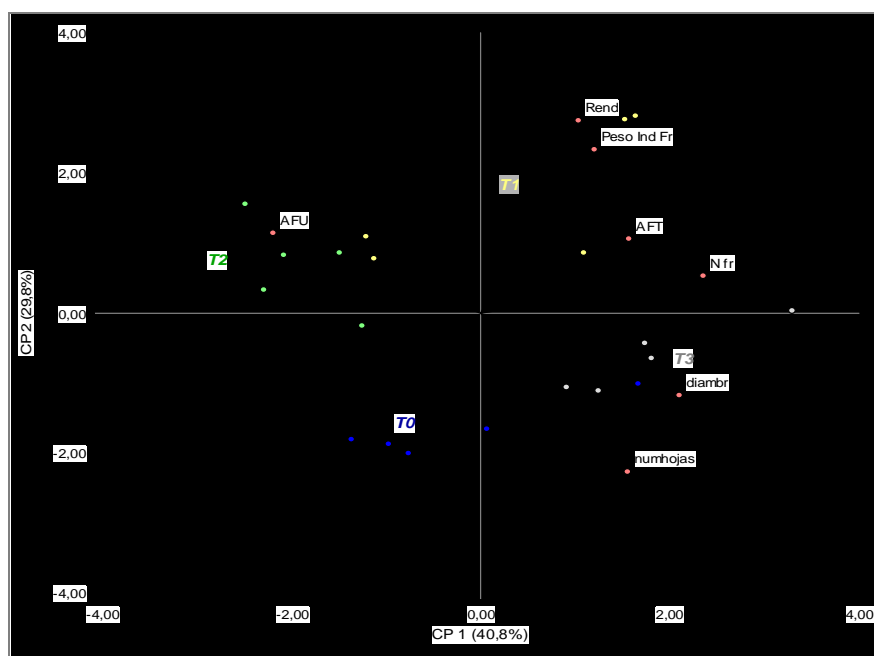


Figura 21: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual y reproductivas en la variedad ‘Star’ (diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFU: área foliar unitaria; AFT: área foliar total; Nfr: número de frutos por planta; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

II.3.6. Análisis de las variables de los componentes vegetativos y reproductivos de ‘O’Neal’

Para analizar la relación entre los componentes vegetativos y reproductivos en el cv. ‘O’Neal’ se consideraron las variables de mayor peso (CP1) como en la variedad ‘Star’, que en el caso de las variables reproductivas fueron: número de frutos por planta, peso individual del fruto y rendimiento por planta (Fig. 9) y las variables vegetativas: área foliar total por planta, número de hojas por planta y diámetro de brotes por planta (Fig. 17).

Todas las variables vegetativas se correlacionaron fuertemente con las reproductivas, principalmente el área foliar total por planta con el número de frutos y el rendimiento (Fig. 22).

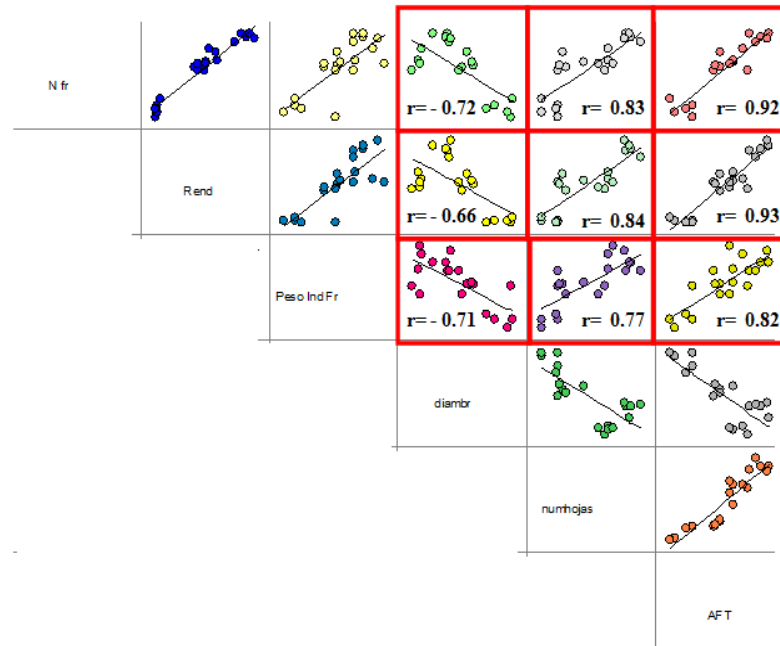


Figura 22: Matriz de diagramas de dispersión para las variables del crecimiento vegetativo y reproductivo en la variedad 'O'Neal' (diamb: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFT: área foliar total por planta; N fr: número de frutos por planta; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

En el análisis de los componentes principales todas las variables tuvieron una fuerte implicancia (CP1) y sólo el diámetro de los brotes presentó un sentido opuesto al resto de las variables. Por otro lado, únicamente las observaciones correspondientes al tratamiento T2 se ubicaron próximas a una variable que en este caso fue el área foliar total, en cambio, los puntos concernientes al tratamiento T0 se encontraron alejados de todas las variables analizadas (Fig. 23).

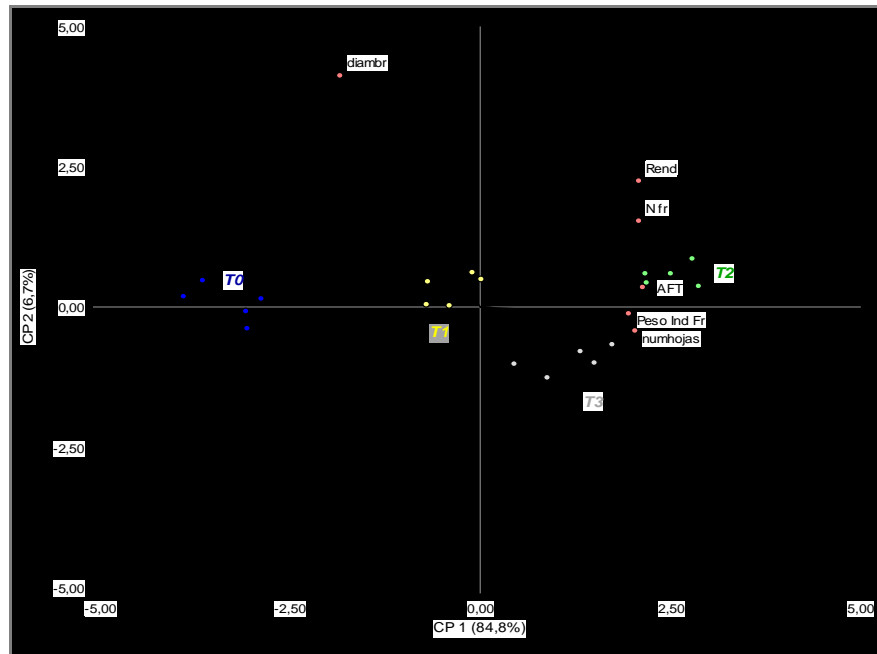


Figura 23: Análisis de componentes principales para las variables vegetativas de crecimiento anual y reproductivas en la variedad ‘O’Neal’ (diambr: diámetro de brotes por planta; numhojas: número de hojas por planta; AFT: área foliar total por planta; Nfr: número de frutos por planta; Peso Ind Fr: peso individual del fruto; Rend: rendimiento por planta). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Comparación entre variedades

• Comparación de los componentes reproductivos

- ✓ En ambas variedades, el número de frutos por planta, el peso individual del fruto y el rendimiento por planta fueron las variables más importantes (Fig. 5 y 9 para ‘Star’ y ‘O’Neal’, respectivamente), sin embargo, en ‘Star’ hubo menos correlaciones significativas y a su vez estuvieron débilmente asociadas en comparación con ‘O’Neal’ (Fig. 4 y 8).
- ✓ Los tratamientos afectaron de manera diferente a las variables según la variedad:
 - En el rendimiento acumulado, los máximos valores fueron alcanzados por T1 en ‘Star’ y T2 en ‘O’Neal’ (Fig. 6 y 10) mientras que, para ambos cultivares, el tratamiento control mostró el menor valor.
 - En el último año productivo, los tratamientos con mayor raleo de yemas florales, T0 principalmente y T1, tuvieron el mejor rendimiento.
- ✓ Al final del ensayo ‘Star’ produjo 2.5 veces más frutos por planta respecto a ‘O’Neal’.

- ***Comparación de los componentes vegetativos***

- ✓ En el cultivar 'O'Neal' el área foliar total por planta fue una de las variables de mayor peso (CP1) (Fig. 17) y mostró una relación altamente positiva con el número de hojas (Fig. 16). En el caso de la variedad 'Star', el área foliar total por planta no se relacionó a ninguna variable y en general las variables estuvieron poco correlacionadas (Fig. 12). Por otro lado, 'O'Neal' presentó un mayor número de correlaciones significativas comparadas con 'Star' similar a lo ocurrido con las variables reproductivas.
- ✓ Los tratamientos afectaron de manera diferente a las variedades:
 - En 'Star', el área foliar total no fue afectada por los tratamientos. En el caso de 'O'Neal', las plantas del tratamiento T2 alcanzaron el mayor área foliar total, mientras que el tratamiento T0 mostró el menor valor.
 - También en el último año el área foliar total fue diferente según las variedades. Mientras que en 'Star', el tratamiento T0 revertía el bajo área foliar total de los dos años previos sin frutos y la situación opuesta se observó en el tratamiento T2 (Fig. 15), en 'O'Neal' el tratamiento T0 no logró modificar el bajo valor de los dos primeros años y en cambio, el tratamiento T2 mantuvo el mayor valor logrado en el año anterior (Fig. 19).
- ✓ Es notoria la diferencia en los valores de área foliar total promedio de cada una de las variedades, considerando las plantas con el 100% de las yemas florales durante los tres años (T3), 'Star' produjo un área foliar total de $7931 \text{ cm}^2 \text{ pl}^{-1}$ mientras que en 'O'Neal' ese valor fue de 5466.

II.4. Discusión

El efecto de la cosecha temprana sobre el rendimiento acumulado fue diferente según el cultivar. En ambas variedades, los rendimientos acumulados más bajos fueron producidos por las plantas control (T0). En cambio, los tratamientos con raleo intermedio de yemas florales, T1 para ‘Star’ y T2 para ‘O’Neal’, mostraron los rendimientos acumulados más altos. En arándanos altos, el efecto de la cosecha temprana sobre el rendimiento acumulado también fue dependiente del cultivar. En las variedades precoces (‘Duke’ y ‘Bluecrop’) la cosecha temprana no afectó el rendimiento acumulado; en cambio en el cultivar tardío ‘Elliott’, se lograron mejores rendimientos en las plantas a las que no se les permitió fructificar durante los dos primeros años (Strik y Buller 2005). En nuestras variedades, el menor rendimiento acumulado que mostró el control se debió a que la planta no pudo compensar en el último periodo productivo los años previos sin frutos. Sin embargo, la presencia del fruto durante el primer año (T2 y T3), no comprometió la producción del segundo año ya que en este año estos tratamientos fueron los de mayor rendimiento en ambas variedades (ver tablas 2 y 3). En cambio, la carga frutal del segundo año sí afectó la producción del tercero, observándose una brusca caída de los rendimientos por planta para los tratamientos T2 y T3 en las dos variedades estudiadas (Fig. 24 a y b). En el caso del tratamiento T1, la carga de frutos por planta del segundo año parece adecuada para la variedad ‘Star’ ya que le permitió alcanzar rendimientos apenas inferiores a T0 (-7.8%) durante el tercer año; en cambio, en ‘O’Neal’ la merma de rendimiento del tratamiento T1 respecto al control en el tercer año fue del 24.7%, lo que estaría indicando que la carga de frutos en el segundo año fue algo excesiva.

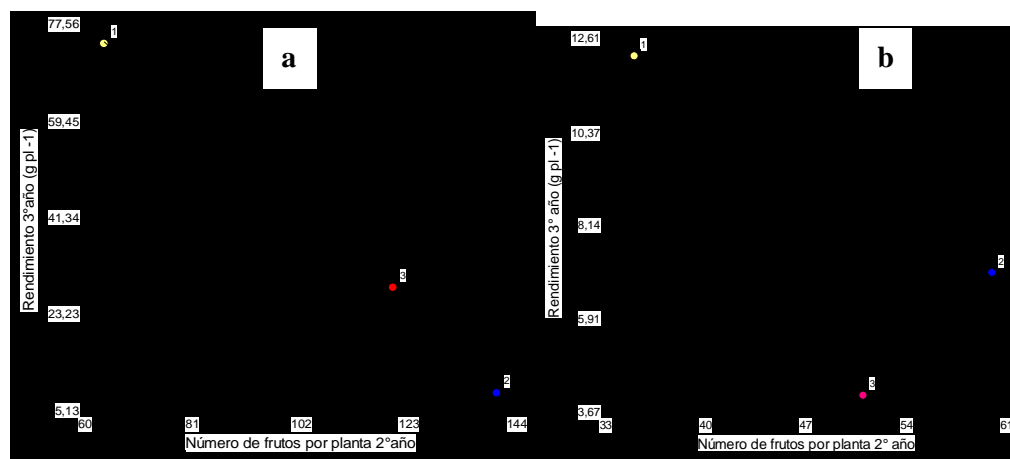


Figura 24: Relación entre el número de frutos por planta durante el segundo año y el rendimiento al año siguiente en arándanos altos del sur, cvs. ‘Star’ (a) y ‘O’Neal’ (b). T1: 100% de eliminación de YF el 1º año y 50% en el 2º año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1º año y 0% en el 2º año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

En arándanos altos, Strik y Buller (2005) atribuyeron la disminución en el rendimiento de las plantas sometidas a la cosecha temprana al menor crecimiento vegetativo, peso seco total de la planta y porcentaje de cuajado de los frutos. En nuestro caso, el menor rendimiento al tercer año observado en los tratamientos T2 y T3 en relación a las

plantas T0 y T1, estuvo asociado al menor número de yemas florales por planta, al número de frutos y al peso individual de los mismos en ambos cultivares. En cambio, no hubo una tendencia clara entre la carga de frutos con el cuajado de los mismos (Tabla 3 y 4) ni con el crecimiento vegetativo; por el contrario, en el cv. ‘O’Neal’ se observó un menor número de hojas y área foliar por planta promedio en los tratamientos T0 y T1 en comparación con los tratamientos de mayor carga de frutos (Fig. 18). Esto estaría indicando que la menor cantidad de yemas florales por planta cuantificadas en los tratamientos T2 y T3 al tercer año se debió a una menor inducción y diferenciación floral consecuencia de la competencia de los frutos durante el segundo año. Si bien el arándano no es considerado una especie vecera (Monselise y Goldschmidt 1982), este fenómeno parece ocurrir en plantas jóvenes a las que no se les reduce la carga de frutos, como se observó en nuestra experiencia con plantas de segundo año. Resultados similares fueron encontrados por otros autores (Strik y Buller 2005; Williamson y NeSmith 2007).

El efecto de la cosecha temprana sobre el área foliar al finalizar el tercer período vegetativo también fue dependiente del cultivar. En el cv. ‘Star’, el área foliar total no fue afectada por las distintas intensidades de raleo de yemas florales (Fig. 14). En cambio en el cv. ‘O’Neal’ las plantas con presencia de yemas florales a lo largo del ensayo presentaron mayor área foliar total, principalmente aquellas a las que se les permitió fructificar de manera escalonada en el tiempo (Fig. 18). Estos resultados se contradicen con los encontrados en manzano (Schechter *et al.* 1994), pistacho (*Pistacia vera*) (Weinbaum *et al.* 1994a), y en arándanos altos del sur (Maust *et al.* 1999a; 1999b; 2000), donde el área foliar total se redujo en plantas con fructificación en comparación con aquellas sin frutos. En nuestro ensayo el corte de la porción apical de la rama fructífera en los tratamientos T0 y T1 al inicio del experimento redujo el número de brotes por planta. Así, las plantas con presencia de yemas florales presentaron, en promedio, casi el doble de brotes respecto a las plantas sin yemas florales; 23 vs 12 brotes por planta en el cv. Star, y 22 vs 11 brotes por planta en el cv. ‘O’Neal’ (Borda *et al.* 2010). Si bien se produjo una cierta compensación del área foliar por una mayor longitud de los brotes, 21 y 18 cm en las plantas sin yemas florales vs 14 y 13 cm en las plantas con presencia de yemas florales en ‘Star’ y ‘O’Neal’ respectivamente, el área foliar total por planta al final del primer año se redujo en un 16% para ‘Star’ y en un 31% para ‘O’Neal’ (datos no presentados). Eso es debido a que el crecimiento de los brotes del arándano se caracteriza por la presencia de una fuerte dominancia apical, y por la ocurrencia de flujos de crecimiento vegetativo (Darnell 2006). Estas características impiden que el área foliar de las plantas que poseen menor número de brotes sea compensado con una adecuada ramificación, como sí ocurre en otras especies como por ejemplo el duraznero (*Prunus pérsica*) (Weber *et al.* 2011). Esta diferencia observada al final del primer año fue compensada durante el segundo año en el cv. ‘Star’, pero no en el cv. ‘O’Neal’, de menor vigor (datos no mostrados). En el tercer año, los tratamientos T0 y T1 presentaron el mayor número de frutos por planta en ambas variedades (Tabla 3 y 4), con una reducción muy significativa del área foliar por planta en la variedad ‘O’Neal’ mientras que este fenómeno no se observó en el cv. ‘Star’ (Fig. 14 y 18). En resumen, el cv. ‘O’Neal’ mostró un menor área foliar por planta en los tratamientos T0 y T1 en relación a T2 y T3 durante los tres años de ensayo, mientras que en el cv. ‘Star’ esto sólo fue observado durante el primer año.

Los resultados indican que la variedad 'Star' presentó mayor cantidad de yemas florales (+27%), número de frutos (+150%) y área foliar (+45%) respecto a 'O'Neal'. El tratamiento T1 del cv. 'Star', en promedio presentó más yemas florales por planta que el tratamiento T2 del cv. 'O'Neal', y por ello 'Star' produjo un mayor rendimiento en relación a 'O'Neal' a pesar que se le haya realizado un mayor raleo de yemas florales. Además, se observó que a pesar de las diferentes características de vigor de las variedades, en ambos casos las plantas control no mejoraron su desarrollo vegetativo ni lograron buenos rendimientos. En base a estos resultados mantener a la planta vegetando desde el momento de implantación no resulta una opción adecuada para el manejo del cultivo del arándano en la provincia de Buenos Aires. Las plantas del tratamiento T1 para el cv. 'Star', y T2 para el cv. 'O'Neal' mostraron el mejor rendimiento acumulado a lo largo de los tres años, aunque en el caso del cv. 'O'Neal', en las plantas de T2 se redujo significativamente el rendimiento al tercer año.

II.5. Conclusión

En base a los resultados obtenidos la hipótesis planteada pudo ser corroborada parcialmente, debido a que la cosecha temprana resultó ser una práctica factible para las variedades precoces de arándanos altos del sur 'Star' y 'O'Neal' cultivadas en la región templado-cálida de la provincia de Buenos Aires. Los tratamientos con raleo intermedio de yemas florales, T1 en 'Star' y T2 en 'O'Neal' presentaron los máximos rendimientos. 'Star' duplicó la producción acumulada respecto a 'O'Neal', a pesar que necesitó un mayor raleo de yemas florales. En términos relativos, el vigor de la variedad no mostró un efecto claro de la influencia de la cosecha temprana sobre las variables analizadas. Es importante destacar que en ambas variedades se observó que la presencia de los frutos durante el primer año no comprometió la producción del año siguiente, mientras que la carga de frutos durante el segundo año sí lo hizo. De este modo, el ajuste del número de yemas florales para el segundo año resultó ser el aspecto crítico para la práctica cultural de la cosecha temprana de arándanos en la provincia de Buenos Aires.

CAPÍTULO III. EFECTO DE LA COSECHA TEMPRANA SOBRE LA PARTICIÓN DE ASIMILADOS Y LAS RESERVAS DE CARBOHIDRATOS Y NITRÓGENO EN ARÁNDANOS ALTOS DEL SUR

III.1. Introducción

III.1.1. Efecto de la cosecha temprana sobre la producción y la partición de asimilados

En árboles sin presencia de frutos existe un equilibrio funcional entre los brotes y las raíces. En regiones templadas, este equilibrio está normalmente perturbado por períodos de mayor actividad meristemática en ambos órganos; es así que los asimilados son utilizados preferentemente por los brotes durante el período de crecimiento primaveral o del verano temprano, y luego por las raíces en otoño. Bajo condiciones limitantes de fotosíntesis los asimilados tienen como principal destino los brotes; en cambio, las raíces tienen prioridad cuando la absorción de nutrientes y agua se encuentra restringida (Cannell 1985).

La presencia del fruto provoca un importante cambio en el patrón de partición de asimilados que incluye el balance raíz/brote (Cannell 1985). El efecto de la presencia del fruto sobre la producción y la partición de materia seca ha sido investigado en muchas especies frutales con resultados diversos. En plantas jóvenes de manzano la producción de materia seca total aumentó al incrementarse la carga frutal, debido a que el fruto promovió una mayor eficiencia fotosintética foliar al actuar como un destino fuerte (Avery 1970), pero a su vez debilitó las estructuras permanentes de la planta principalmente las raíces (Palmer 1992; Lenz 2009). Estos resultados también fueron observados en caqui (Choi *et al.* 2010; Park 2011; Park y Kim 2011).

En plantas leñosas de clima templado la mayor acumulación de reservas se produce en las raíces y las especies frutales caducifolias dependen, en mayor o menor medida, de estas reservas para los estadios tempranos del desarrollo reproductivo, fundamentalmente cuando la floración ocurre antes que el crecimiento vegetativo (Loescher *et al.* 1990). En las variedades precoces de arándanos altos del sur que se producen en la provincia de Buenos Aires, la cosecha finaliza a fines de la primavera, y a partir de allí la planta sólo vegeta hasta la entrada en reposo en otoño, lo que le permite un crecimiento radical y vegetativo importante a pesar de la competencia previa de los frutos. Además, bajo estas circunstancias la acumulación de sustancias de reserva se produce por mayor tiempo luego de la detención del crecimiento vegetativo a finales del verano, bajo condiciones climáticas aún muy favorables (Pescie y López 2007).

En Fruticultura se usan los términos ‘temprano’ o ‘tardío’ para establecer fechas o momentos del calendario en los cuales se realizan prácticas culturales como la poda o la fertilización; y si bien, para dar el momento de cosecha de las distintas variedades en el año productivo se adopta el mismo criterio, en esta tesis se utilizará el término “cosecha temprana” como una traducción literal del inglés “*early cropping*” y como sinónimo de “cosecha precoz o anticipada” en plantas jóvenes. La cosecha temprana, es una práctica que consiste en permitirle a la planta fructificar y ser cosechada en los primeros años del cultivo. En el lugar de origen de esta especie (Estados Unidos) se evita que la planta fructifique tempranamente raleando las yemas florales en invierno con el objetivo de promover el crecimiento vegetativo y radical (Dodge 1981; Pritts y Hancock 1992;

Gough 1994; Lockwood 1999; Pritts 2004, 2006; Bañados 2005). En arándanos altos, la cosecha temprana durante los dos primeros años de implantación del cultivo afectó negativamente al peso seco total y de las partes permanentes de la planta (raíz, corona y ramas de 1, 2 y 3 años de edad), observándose una reducción de la biomasa radical en un 42% en plantas con frutos en comparación con aquellas sin fructificación (Strik y Buller 2004, 2005). En cambio, en arándanos altos del sur el efecto de la cosecha temprana dependió del cultivar. El cv. 'Misty' presenta una floración densa y es de bajo vigor, por lo que la cosecha temprana afectó negativamente al peso seco de la mayoría de los órganos de la planta, incluyendo las raíces en comparación con aquellas plantas sin fructificación. En cambio en el cv. 'Santa Fe', con floración ligera y mayor vigor, la cosecha temprana no tuvo efecto negativo sobre el peso seco de los órganos de la planta, incluida la raíz, ni de la planta completa en las plantas cosechadas tempranamente (Williamson y NeSmith 2007).

III.1.2. Efecto de la cosecha temprana sobre la reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz

En los árboles frutales caducifolios, los carbohidratos y el nitrógeno forman parte de las sustancias almacenadas en la planta durante los años previos y permiten afrontar el inicio de una nueva estación de crecimiento (Taylor y May 1967; Tromp 1983; Oliveira y Priestley 1988; Deng *et al.* 1989; Millard y Nielsen 1989; Kim *et al.* 2008). Estudios realizados con nitrógeno marcado (^{15}N) determinaron la presencia de esta sustancia de reserva en la planta a través de los años. Por ejemplo, la aplicación de ^{15}N en plantas adultas de nogal (*Juglans regia*) permitió cuantificar que un 16% del nitrógeno de reserva correspondía a nitrógeno aplicado dos años antes (Deng *et al.* 1989). También en esta especie se encontró nitrógeno marcado en los componentes perennes de la planta luego de 6 años de haber sido aplicado (Weinbaum y van Kessel 1998). Cuantitativamente los carbohidratos constituyen la mayor parte del material de reserva en las plantas leñosas, pero cualitativamente el nitrógeno es igualmente importante (Tromp 1983). La removilización del carbono (C) y del nitrógeno (N) ocurre en la primavera desde los órganos de almacenamiento a otros tejidos en crecimiento, mientras que el reciclado se produce cuando estos elementos son retirados de los tejidos, en otoño para su almacenamiento (Tromp 1983; Oliveira y Priestley 1988; Loescher *et al.* 1990). Las raíces son el principal órgano de reserva en la mayoría de las especies frutales caducifolias (Taylor y May 1967; Oliveira y Priestley 1988; Loescher *et al.* 1990; Kim *et al.* 2008) incluido el arándano (Retamales y Hancock 1989; Birkhold y Darnell 1993; Throop y Hanson 1997; Bañados 2006; Bañados *et al.* 2012). Experiencias realizadas con nitrógeno marcado en arándano ojo de conejo determinaron que el 90% del N en los tejidos reproductivos al momento de la antesis procedía de las reservas (Birkhold y Darnell 1993), mientras que para el nogal este valor ascendía al 95% (Deng *et al.* 1989).

Aunque no hay dudas de la contribución de los carbohidratos provenientes de la raíz al crecimiento de la parte aérea en la primavera, el mayor consumo de estos carbohidratos se produce por el mismo metabolismo radical cuando se intensifica su actividad. Por esto, el aporte cuantitativo al nuevo crecimiento podría ser poco significativo (Tromp 1983), sobre todo en los frutales caducifolios donde la floración y la brotación ocurren simultáneamente (Loescher *et al.* 1990) como es el caso de ciertos cultivares de arándanos altos del sur y arándano ojo de conejo (Maust *et al.* 1999b; Birkhold *et al.*

1992). No sucede lo mismo con el N donde la contribución por parte de la raíz al nuevo crecimiento es de vital importancia (Tromp 1983; Cheng y Fuchigami 2002), lo cual fue observado en el arándano (Birkhold y Darnell 1993).

Investigaciones realizadas en plantas jóvenes de arándanos altos del sur determinaron que incrementos en la carga frutal reducían los carbohidratos almacenados en las raíces (Maust *et al.* 1999b). Esto también fue observado en otras especies caducifolias como el manzano (Lenz 2009) y el caqui (Park 2011; Park y Kim 2011). Al igual que las reservas carbonadas, también se observaron disminuciones en la concentración del nitrógeno de reserva al incrementar la carga frutal, tanto en árboles maduros de ciruelo europeo (*prunus domestica*) (Weinbaum *et al.* 1994b), pistachio (Rosecrance *et al.* 1996) como en plantas jóvenes de caqui (Choi *et al.* 2010).

El metabolismo del nitrógeno y el de los carbohidratos están interrelacionados (Oliveira y Priestley 1988; Loescher *et al.* 1990; Cheng y Fuchigami 2002) debido a que la asimilación del carbono depende del metabolismo del nitrógeno para proporcionar la maquinaria fotosintética y la asimilación del nitrógeno requiere de la provisión de carbohidratos para el esqueleto carbonado y el suministro de energía (Cheng y Fuchigami 2002). En plantas jóvenes de manzano, Cheng y Fuchigami (2002) determinaron una relación negativa entre la concentración de N y la concentración de carbohidratos no estructurales y lo atribuyeron a que la mayor asimilación de N requería de un incremento en la utilización del esqueleto carbonado y se producían más pérdidas por respiración. Estos autores observaron en árboles de igual tamaño, que aquellos con alto contenido de N de reserva y bajo de carbohidratos presentaron mayor área foliar total comparado con árboles de bajo nivel de N y elevado de carbohidratos, por lo que concluyeron que el crecimiento inicial en primavera estuvo determinado por la cantidad de nitrógeno de reserva y no fue limitado por los carbohidratos almacenados.

El objetivo de éste capítulo es determinar el efecto de la cosecha temprana sobre la producción y la distribución de los asimilados, y la concentración de carbohidratos no estructurales y de nitrógeno en la raíz en plantas de arándanos altos del sur de distinto vigor.

III. 2. Materiales y métodos

La localización del ensayo, el material vegetal y del ensayo y los tratamientos son los utilizados en el capítulo II (ver ítems II.2.1, II.2.2 y II.2.3).

III.2.4. Metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos específicos

III.2.4.1. Analizar el efecto de la cosecha temprana sobre la distribución de los asimilados

Para determinar la distribución de los asimilados se realizaron las siguientes mediciones:

-Peso seco de las partes permanentes de la planta

Luego de finalizado el ensayo se realizó la cosecha destructiva de todas las plantas (40), se separaron sus partes componentes y las muestras de raíz y corona, ramas primarias y ramas secundarias por planta y tratamiento fueron llevadas a estufa a 60° C hasta peso constante.

-Peso seco de los frutos

Luego de cada cosecha semanal durante los tres años de ensayo, se pesaron los frutos individualmente por planta y tratamiento. Las muestras fueron llevadas a estufa a 60°C hasta peso constante.

-Peso seco de las hojas

En el último año de ensayo, una vez finalizado el crecimiento de los brotes de verano y antes de la senescencia, la totalidad de las hojas por planta y por tratamiento y se llevaron a estufa a 60° C hasta peso constante.

-Peso seco total de la planta

Para obtener esta información se sumó los pesos secos (PS) de todos los órganos constitutivos de la planta (raíz y corona, ramas primarias, ramas secundarias, hojas y frutos) por planta y tratamiento.

III.2.4.2. Determinar el efecto de la cosecha temprana sobre las reservas de carbohidratos y nitrógeno en la raíz

En este caso, se evaluaron las siguientes variables:

-Nitrógeno en la raíz y corona (N)

Las mediciones se llevaron a cabo al finalizar el ensayo sobre muestras de raíz y corona. La determinación de N se realizó por el método de Kjeldahl utilizando Se – K₂SO₄ en

una relación 1:5 como catalizador, H_2SO_4 , Na (OH), Fenolftaleína y Rojo de metilo-Azul de metileno como colorante (A.O.A.C. 1965). Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

-Análisis de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona

Las mediciones se llevaron a cabo al finalizar el ensayo sobre las muestras de la raíz y corona. Se utilizó el método de antrona (Clegg 1956) que permite determinar contenido de carbohidratos disponibles. Los valores obtenidos se interpolaron a una curva de calibración realizada con glucosa. Las determinaciones se realizaron en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora.

III.2.5. Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue un DCA (Diseño Completamente Aleatorizado) con arreglo factorial 2 x 4 (2 variedades x 4 tratamientos) con 5 repeticiones por tratamiento. Cada planta de arándano representó la unidad experimental.

Según las variables analizadas se aplicaron los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis Multivariado. Análisis exploratorio o descriptivo: Método de componentes principales (1).
- Coeficiente de Correlación. Coeficiente de Pearson. Nivel de significancia del 5% (2).
- Análisis de Varianza (ANOVA). Test de comparaciones múltiples de Duncan; nivel de significancia del 5% (3).
- Matriz de diagramas de dispersión (4).
- Análisis de interacción. Test de comparaciones múltiples de Duncan. Nivel de significancia del 5% (5).
- Diagrama de dispersión (6).

Variable	Análisis estadístico
PS (de las partes componentes y la planta completa)	1 – 2 – 3 – 4 -5
CNE raíz y corona	3 – 5
N raíz y corona	3 – 5
Relación C:N	2 – 6
Relación PS raíz y corona: N	2 – 6
Relación PS raíz y corona: CNE	2 - 6

Se utilizaron los programas estadísticos SAS 9.2 (2009) e Infostat (Di Rienzo *et al.* 2013).

III.3. Resultados

III.3.1. Distribución de asimilados

III.3.1.1. Distribución de asimilados para la variedad 'Star'

En la variedad 'Star', el peso seco (PS) total se asoció positivamente con las ramas primarias y secundarias y negativamente con las hojas y frutos. A su vez, las ramas primarias y secundarias se relacionaron positivamente entre ellas, pero ambas se correlacionaron de manera negativa con las hojas. Por otro lado, no se observó correlación del PS de la raíz y corona y del fruto con ninguna de las partes constitutivas de la planta (Fig. 25).

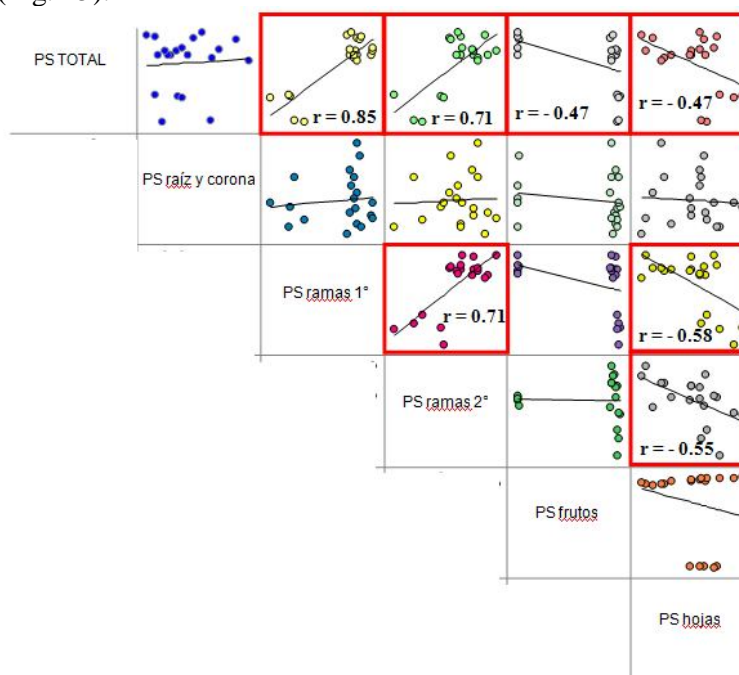


Figura 25: Matriz de diagramas de dispersión para la variedad 'Star' (PS TOTAL: peso seco total de la planta; PS raíz y corona: peso seco de raíz y corona; PS ramas 1°: peso seco de ramas primarias; PS ramas 2°: peso seco de ramas secundarias; PS frutos: peso seco de frutos; PS hojas: peso seco de hojas). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

Considerando que en el gráfico de componentes principales (Fig. 26) los puntos ubicados cerca de los vectores correspondientes a las variables, están asociados a esas variables y que los puntos situados en cuadrantes opuestos se diferencian marcadamente; se puede observar que el PS total de la planta, el de las ramas primarias y de las ramas secundarias, con igual sentido (CP1) separaron las observaciones correspondientes a los tratamientos T2, T0 y T3, de los puntos pertenecientes al tratamiento T1. Si bien el PS de la raíz y corona y el PS de los frutos tuvieron menos peso (CP2 = 22%) es importante observar que ambos se contraponen.

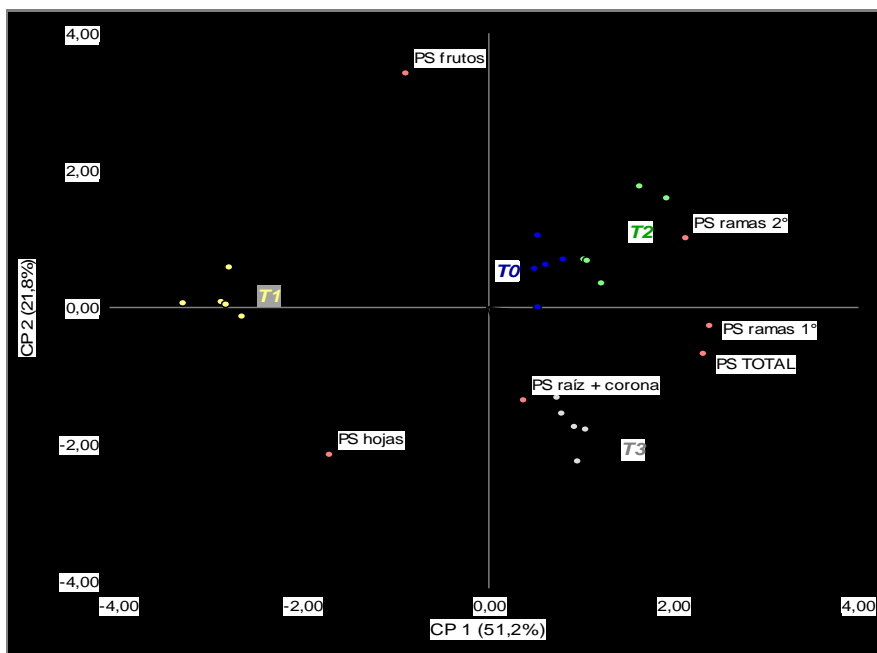


Figura 26: Análisis de componentes principales para la variedad ‘Star’ (PS TOTAL: peso seco total de la planta; PS raíz + corona: peso seco de raíz y corona; PS ramas 1°: peso seco de ramas primarias; PS ramas 2°: peso seco de ramas secundarias; PS frutos: peso seco de frutos; PS hojas: peso seco de hojas). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Los resultados del análisis de interacción entre las variedades y los tratamientos de raleo de yemas florales mostraron una interacción significativa variedad*tratamiento en todas las variables analizadas, excepto el PS de la raíz y corona y el PS total. Pero para una mejor interpretación de los resultados se analizaron todas las variables dentro de cada variedad (Tabla 5).

Tabla 5: Peso seco (PS) de la raíz y corona, ramas primarias, ramas secundarias, hojas, frutos y biomasa total, en plantas de arándano de 4 años de edad, cvs. ‘Star’ y ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

	PS raíz y corona	PS ramas primarias	PS ramas secundarias	PS hojas	PS frutos	PS total
Variedad	*	*	*	*	*	*
Tratamiento	*	*	*	*	*	*
Var*trat	ns	*	*	*	*	ns

Test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$; ns, diferencias no significativas y * diferencias significativas.

En el cv. ‘Star’, excepto el PS de la raíz y corona, las variables analizadas mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de raleo de yemas florales (Fig. 27). Las plantas del tratamiento T1 presentaron el menor valor de PS total de la

planta, asociado principalmente al bajo PS de las ramas primarias y secundarias. Los tratamientos T0, T2 y T3 no mostraron diferencias en el PS total de la planta, las ramas primarias y secundarias, en cambio, sí lo hicieron en los órganos de crecimiento anual (hojas y frutos). Con respecto al desarrollo de estos órganos, el tratamiento T0 expresó un mejor comportamiento con respecto al tratamiento T2 al obtener valores intermedios de hojas y frutos, mientras que las plantas del tratamiento T3 produjeron la menor biomasa de frutos.

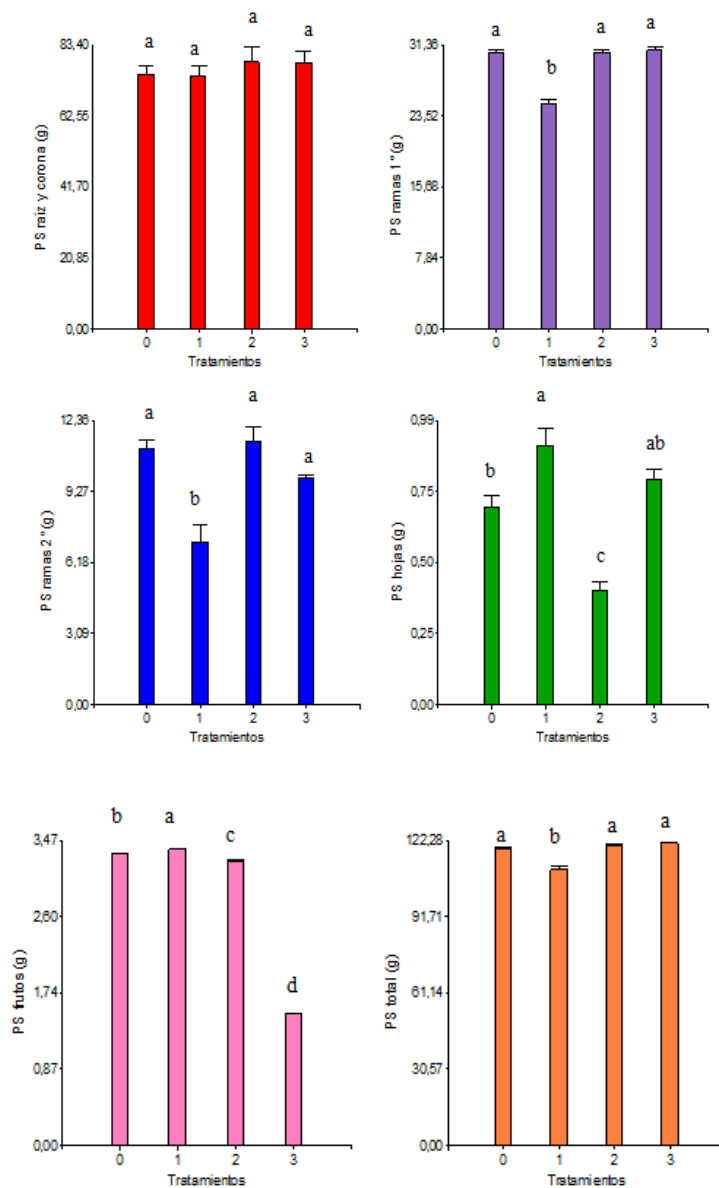


Figura 27: Valores medios de los tratamientos para peso seco de raíz y corona; peso seco de ramas primarias; peso seco de ramas secundarias; peso seco de hojas; peso seco de frutos y peso seco total en plantas de 4 años de arándano cv. 'Star'. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.3.1.2. Distribución de asimilados para la variedad 'O'Neal'

En la variedad 'O'Neal' las plantas que presentaron mayor PS total fueron aquellas con mayor PS de raíz y corona y menor PS de hojas y frutos. A su vez, se produjeron dos correlaciones positivas, la primera entre los órganos de crecimiento anual y la segunda entre las ramas secundarias y los frutos (Fig. 28).

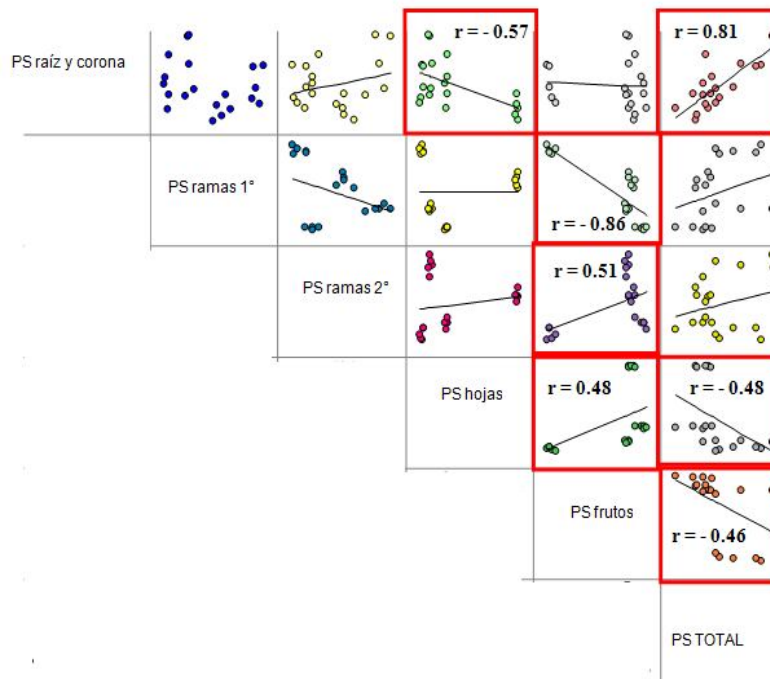


Figura 28: Matriz de diagramas de dispersión para la variedad 'O'Neal' (PS TOTAL: peso seco total de la planta; PS raíz y corona: peso seco de raíz y corona; PS ramas 1°: peso seco de ramas primarias; PS ramas 2°: peso seco de ramas secundarias; PS frutos: peso seco de frutos; PS hojas: peso seco de hojas). Las correlaciones enmarcadas en rojo fueron significativas según el coeficiente de Pearson al 5%.

El análisis de los componentes principales para la variedad 'O'Neal' muestra que el PS de los frutos y de las hojas, con igual sentido, y el PS de las ramas primarias, en sentido opuesto, tuvieron el mayor peso (CP1) (Fig. 29). Se observa también como se separaron las observaciones correspondientes al tratamiento T1, más próximas al PS de los órganos de crecimiento anual, del tratamiento T3 más alejado de éstos. Es importante destacar que el tratamiento T0 se ubicó alejado de todas las variables analizadas.

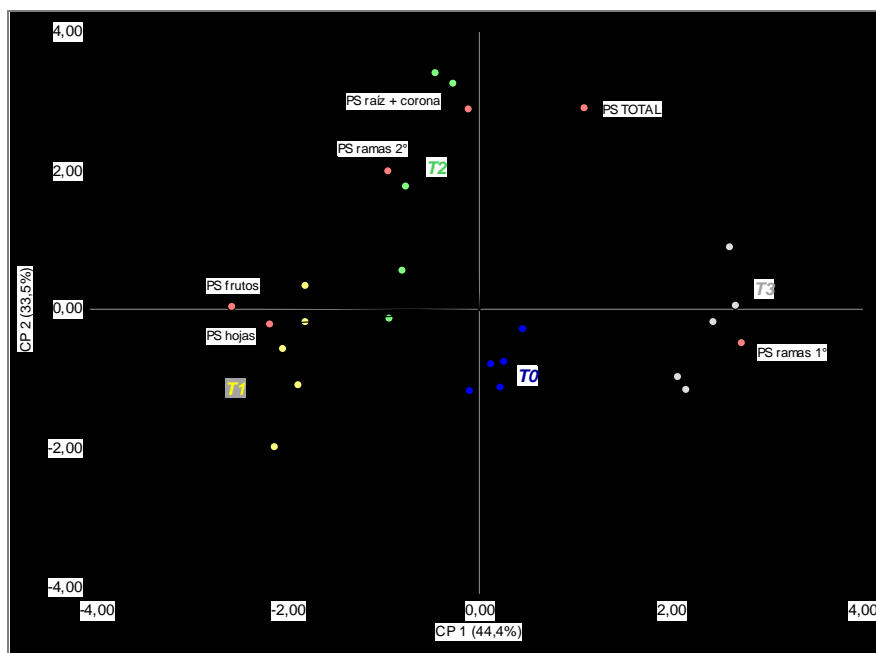


Figura 29: Análisis de componentes principales para la variedad ‘O’Neal’ (PS TOTAL: peso seco total de la planta; PS raíz + corona: peso seco de raíz y corona; PS ramas 1°: peso seco de ramas primarias; PS ramas 2°: peso seco de ramas secundarias; PS frutos: peso seco de frutos; PS hojas: peso seco de hojas). T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Independientemente de los resultados del análisis de interacción entre las variedades y los tratamientos (Tabla 5), las variables se analizaron juntas para una mejor interpretación de los resultados.

En los análisis de varianza todas las variables mostraron diferencias significativas entre los tratamientos (Fig. 30). Los tratamientos con mayor raleo de yemas florales durante los dos primeros años (T0 y T1) presentaron el menor PS total de la planta. Si bien el tratamiento T1, obtuvo los valores máximos de PS de hojas y de frutos a diferencia del tratamiento control. Con respecto a los tratamientos con presencia de yemas florales durante los años analizados, se pudo observar que el tratamiento T2 presentó los valores más altos de PS total de la planta vinculado al mayor PS de la raíz y corona y las ramas secundarias, además la relación positiva de éstas últimas con el PS del fruto le permitió alcanzar valores intermedios de estos destinos. El tratamiento T3 no logró mejores resultados debido a que no pudo compensar el alto PS de las ramas primarias e intermedio de la raíz y corona con los bajos valores de PS de las ramas secundarias, los frutos y las hojas.

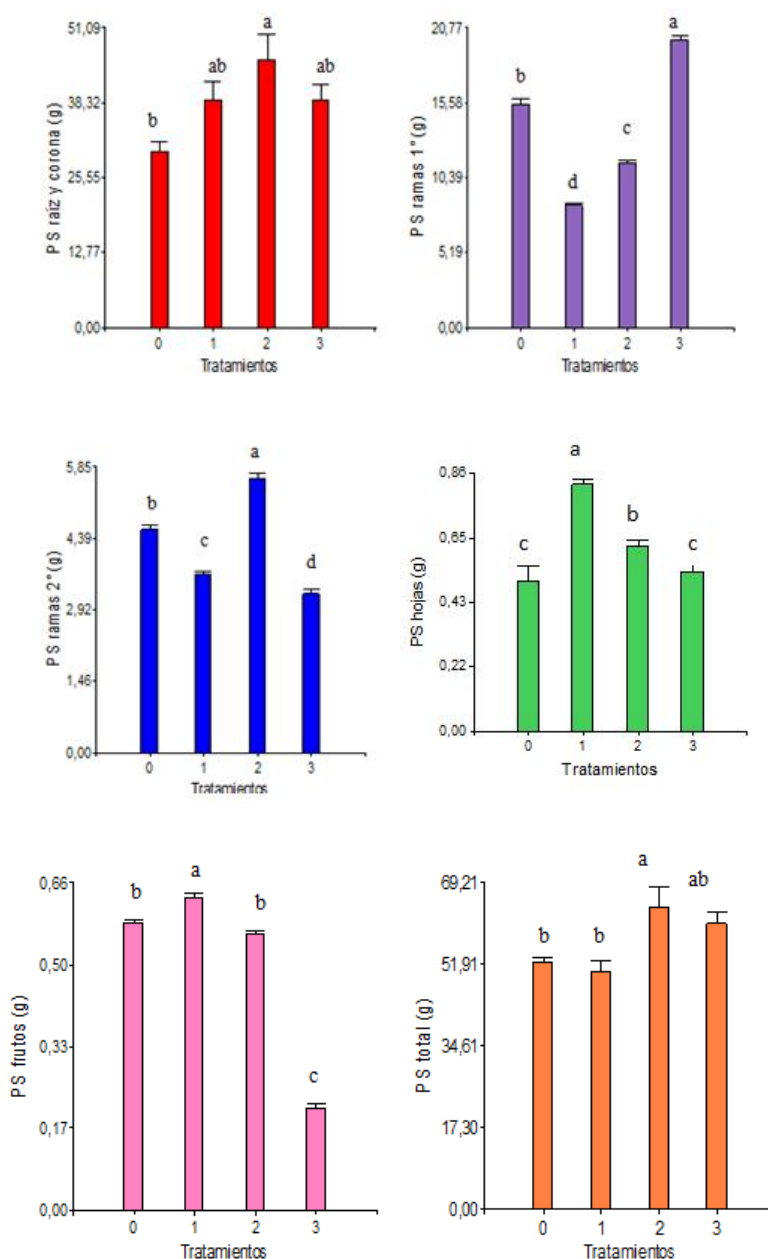


Figura 30: Valores medios de los tratamientos para peso seco de raíz y corona; peso seco de ramas primarias; peso seco de ramas secundarias; peso seco de frutos; peso seco de hojas y peso seco total en plantas de 4 años de arándano cv. 'O'Neal'. Los valores representan la media \pm E.S. Los promedios con idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan al nivel $p \leq 0.05$. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.3.2. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona

La concentración y el contenido de carbohidratos no estructurales en la raíz y corona mostraron una interacción significativa entre las variedades y los tratamientos de raleo de yemas florales ($p < .0001$ en ambos casos) por lo que se analizaron las variedades individualmente.

III.3.2.1. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona de la variedad 'Star'

En la Tabla 6 se pudo observar que la concentración y el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona de la variedad 'Star' fueron afectados por los tratamientos de raleo de yemas florales, y que en ambos casos los tratamientos T1 y T2 presentaron los valores más altos diferenciándose del tratamiento T3 y sobre todo del tratamiento con mayor raleo de yemas florales (T0) que mostró los menores valores en ambas variables.

Tabla 6: Concentración y contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. 'Star' sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Tratamientos	Concentración (mg kg ⁻¹ PS CNE)	Contenido (mg CNE)
T0	23 c	1.6 c
T1	129 a	9.6 a
T2	140 a	10.9 a
T3	58 b	4.4 b

Los promedios ubicados en la misma columna seguidos de idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

III.3.2.2. Carbohidratos no estructurales en la raíz y corona de la variedad 'O'Neal'

Los tratamientos de raleo de yemas florales afectaron al contenido y la concentración de CNE en la raíz y corona en plantas de arándano de la variedad 'O'Neal' (Tabla 7). Las plantas del tratamiento T0 mostraron los valores más altos en ambas variables, mientras que el caso contrario ocurrió con el tratamiento T2. Las plantas del tratamiento T3 presentaron un mejor comportamiento tanto para el contenido como para la concentración de CNE respecto a aquellas del tratamiento T1.

Tabla 7: Concentración y contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Tratamientos	Concentración (mg kg ⁻¹ PS CNE)	Contenido (mg CNE)
T0	109 a	3.3 a
T1	77 c	2.7 ab
T2	46 d	2.1 b
T3	91 b	3.1 a

Los promedios ubicados en la misma columna seguidos de idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

III.3.3. Nitrógeno en la raíz y corona

La concentración y el contenido de nitrógeno en la raíz y corona mostraron una interacción significativa entre las variedades y los tratamientos de raleo de yemas florales ($p < .0001$ y $p = 0.0108$, respectivamente) por lo que se analizaron las variedades individualmente.

III.3.3.1. Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘Star’

El contenido y la concentración de N en la raíz y corona de la variedad ‘Star’ mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de raleo de yemas florales (Tabla 8), donde el tratamiento T1 se diferenció del resto de los tratamientos y mostró los valores más bajos en ambas variables.

Tabla 8: Concentración y contenido de nitrógeno en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘Star’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Tratamientos	Concentración (% N g ⁻¹)	Contenido (g N)
T0	0.78 a	0.58 a
T1	0.68 b	0.48 b
T2	0.74 ab	0.60 a
T3	0.77 a	0.59 a

Los promedios ubicados en la misma columna seguidos de idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

III.3.3.2. Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘O’Neal’

El contenido y la concentración de nitrógeno en la raíz y corona de las plantas de la variedad ‘O’Neal’ fueron afectados por los tratamientos de raleo de yemas florales (Tabla 9), donde el tratamiento T2 alcanzó los valores más altos en ambas variables,

mientras que el tratamiento T1 obtuvo los menores valores de nitrógeno para este cultivar.

Tabla 9: Concentración y contenido de nitrógeno en la raíz y corona de plantas de arándano, cv. ‘O’Neal’ sometidas a los diferentes tratamientos de raleo de yemas florales. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

Tratamientos	Concentración (%N g ⁻¹)	Contenido (g N)
T0	0.85 b	0.26 b
T1	0.76 c	0.22 b
T2	0.93 a	0.43 a
T3	0.83 b	0.37 a

Los promedios ubicados en la misma columna seguidos de idéntica letra no difieren en forma significativa por el test de Duncan ($p \leq 0.05$).

III.3.4. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona

III.3.4.1. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad ‘Star’

En las plantas de la variedad ‘Star’ los aumentos en la concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) en la raíz y corona produjeron reducciones en la concentración de N (Fig. 31).

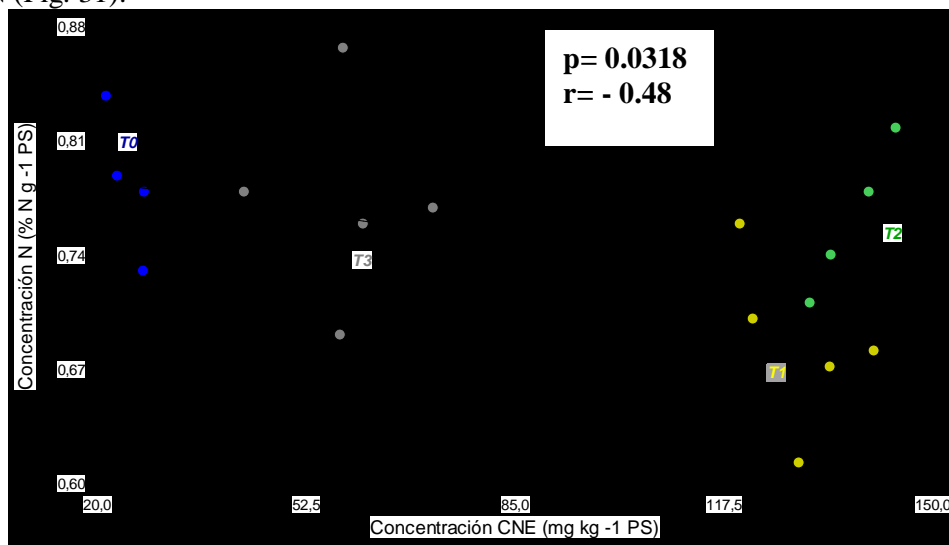


Figura 31: Concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) vs concentración de nitrógeno en plantas de arándano cv. ‘Star’. La correlación fue significativa según el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5%. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.3.4.2. Relación Carbono: Nitrógeno en la raíz y corona de plantas de la variedad 'O'Neal'

En la variedad 'O'Neal', las concentraciones de CNE y de nitrógeno no estuvieron significativamente correlacionadas (Fig. 32).

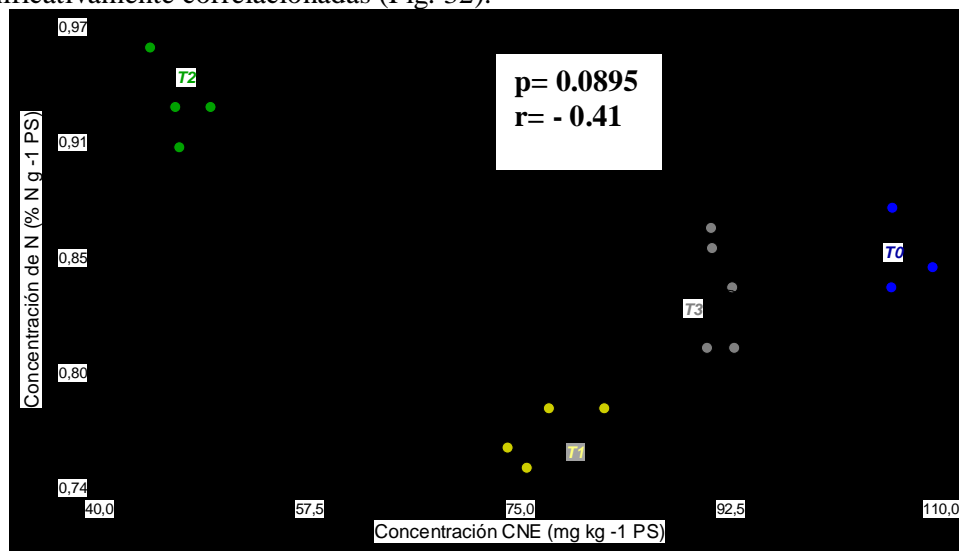


Figura 32: Concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) vs concentración de nitrógeno en plantas de arándano cv. 'O'Neal'. Correlación según el coeficiente de correlación de Pearson con un nivel de significancia del 5%. T0: eliminación del 100% de las yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.3.5. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona

III.3.5.1. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona en la variedad 'Star'

En la variedad 'Star', las relaciones entre el PS de la raíz y corona y las sustancias de reserva (CNE y N) no fueron estadísticamente significativas (Fig. 33).

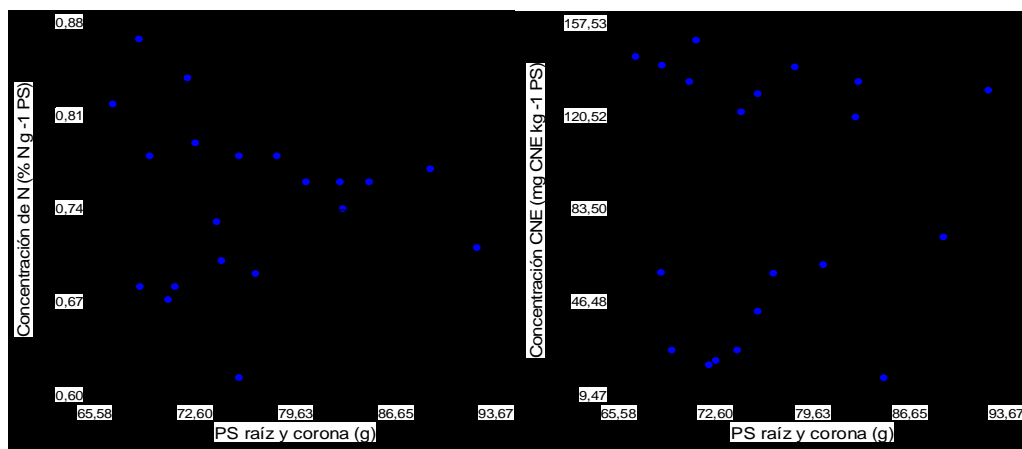


Figura 33: Relación entre el peso seco (PS), la concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) y la concentración de nitrógeno en la raíz y corona, en plantas de arándanos de 4 años de edad variedad 'Star'. Correlaciones según coeficiente de Pearson con un nivel de significancia del 5%.

III.3.5.2. Relación entre el PS y la concentración de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona en la variedad 'O'Neal'

En la variedad 'O'Neal', el PS de la raíz y corona se correlacionó negativamente con los carbohidratos no estructurales, mientras que la relación entre el PS de la raíz y corona con la concentración de nitrógeno no fue significativa (Fig. 34).

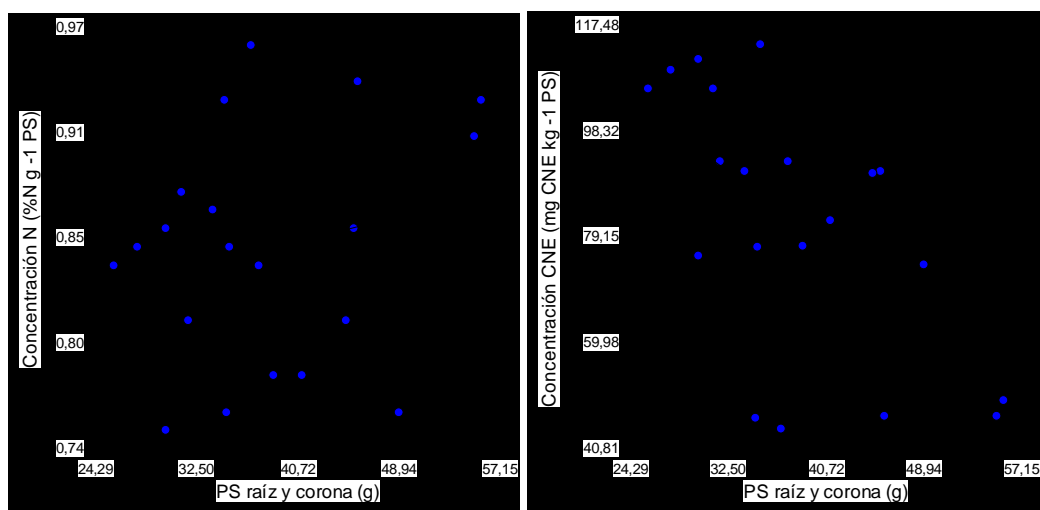


Figura 34: Relación entre el peso seco (PS), la concentración de carbohidratos no estructurales (CNE) y la concentración de nitrógeno en la raíz y corona, en plantas de arándanos de 4 años de edad variedad 'O'Neal'. Las correlaciones fueron significativas según el coeficiente de Pearson con un nivel de significancia del 5%.

Comparación entre variedades

- La relación entre los PS de los órganos componentes de la planta y la planta completa fue distinta según la variedad. En ‘Star’, el mayor PS total fue alcanzado con un alto PS de las ramas primarias y secundarias (Fig. 25); en este sentido, las plantas del tratamiento T1 se diferenciaron del resto debido al bajo valor de biomasa total (Fig. 27). Además los PS de la raíz y corona y del fruto no se relacionaron a ninguna de las partes constitutivas de la planta (Fig. 25). En cambio, en ‘O’Neal’, el PS total se vinculó de manera positiva con el PS de la raíz y corona, y negativamente con el PS de las hojas y los frutos (Fig. 28). En esta variedad, el valor más alto de materia seca total fue alcanzado por el tratamiento T2. Mientras que los tratamientos con mayor raleo de yemas florales T0 y T1 obtuvieron los valores de PS total más bajos (Fig. 30).
- En la distribución relativa de los asimilados, ambas variedades tuvieron como principal destino a la raíz y corona (Fig. 35).

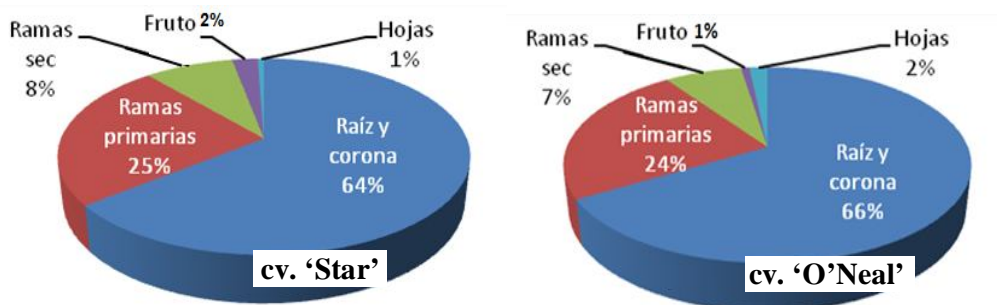


Figura 35: Distribución relativa de los asimilados en plantas de arándano de 4 años, cvs. ‘Star’ y ‘O’Neal’ sometidas a distintos porcentajes de raleo de yemas florales.

- Por otro lado, la variedad ‘Star’ produjo el doble de materia seca total por planta en comparación con ‘O’Neal’ al finalizar el ensayo (117 vs 57 g pl⁻¹). Esta proporción también se mantuvo respecto al PS de la raíz y corona entre ambos cultivares (76,42 vs 38,59 g, respectivamente).
- En ‘Star’, las concentraciones de C y de N estuvieron negativamente relacionadas y en ‘O’Neal’ si bien esta relación no fue estadísticamente significativa se observó la misma tendencia (Fig. 31 y 32). Los tratamientos reflejaron esta situación ya que en ‘Star’ el tratamiento T1 presentó el valor más elevado (junto con T2) de CNE, y el menor de N. La situación inversa ocurrió en el tratamiento control (T0). En cambio, en ‘O’Neal’, la tendencia negativa se manifestó principalmente en el tratamiento T2, que se diferenció del resto de los tratamientos con el mínimo valor de CNE y máximo de N de reserva.
- Las variedades se diferenciaron en la relación entre el PS de la raíz y corona y las concentraciones de carbohidratos y nitrógeno. En ‘Star’ las sustancias de reserva no fueron afectadas por el peso seco de la raíz y corona, mientras que en ‘O’Neal’, incrementos en el PS de la raíz y corona se asociaron con disminuciones en la concentración de CNE, pero no afectaron al N almacenado (Fig. 33 y 34).

III.3.6. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno

Se realizó un análisis multivariado con las variables más determinantes de los procesos vegetativo y reproductivo, partición de asimilados, carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la raíz y corona para estudiar las posibles relaciones entre ellas.

III.3.6.1. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la variedad 'Star'

El análisis de las relaciones entre las variables más preponderantes para esta variedad indicó que, el PS de la raíz y corona no se relacionó con ninguna variable de la parte aérea ni con las sustancias de reservas (Fig. 36).

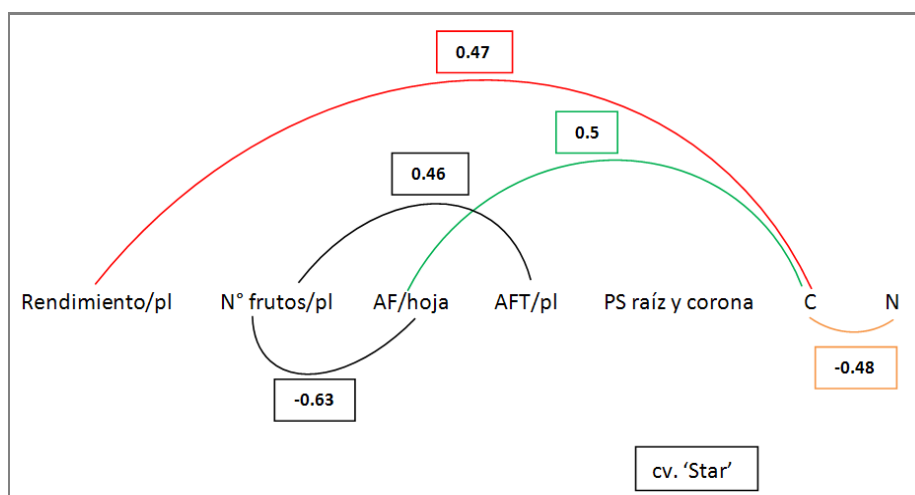


Figura 36: Relaciones entre el número de frutos por planta, rendimiento por planta, área foliar total por planta, área foliar unitaria, PS de raíz y corona, carbohidratos no estructurales en raíz y corona y nitrógeno en raíz y corona en plantas de arándanos de la variedad 'Star'. Las correlaciones fueron significativas según el coeficiente de Pearson con un nivel de significancia del 5%.

Por otro lado, se pudo observar como el tratamiento control (T0) se ubicó más próximo a la variable nitrógeno y más alejado de los carbohidratos y rendimiento. En las plantas con tratamientos T2 y T3 el desbalance entre el número de frutos y el área foliar unitaria fue pronunciado si bien el rendimiento fue intermedio en ambos casos. Las plantas del tratamiento T1 mostraron una relación equilibrada entre el número de frutos y el área foliar unitaria, el máximo rendimiento acumulado y almacenamiento de carbohidratos, pero baja concentración de N (Fig. 37).

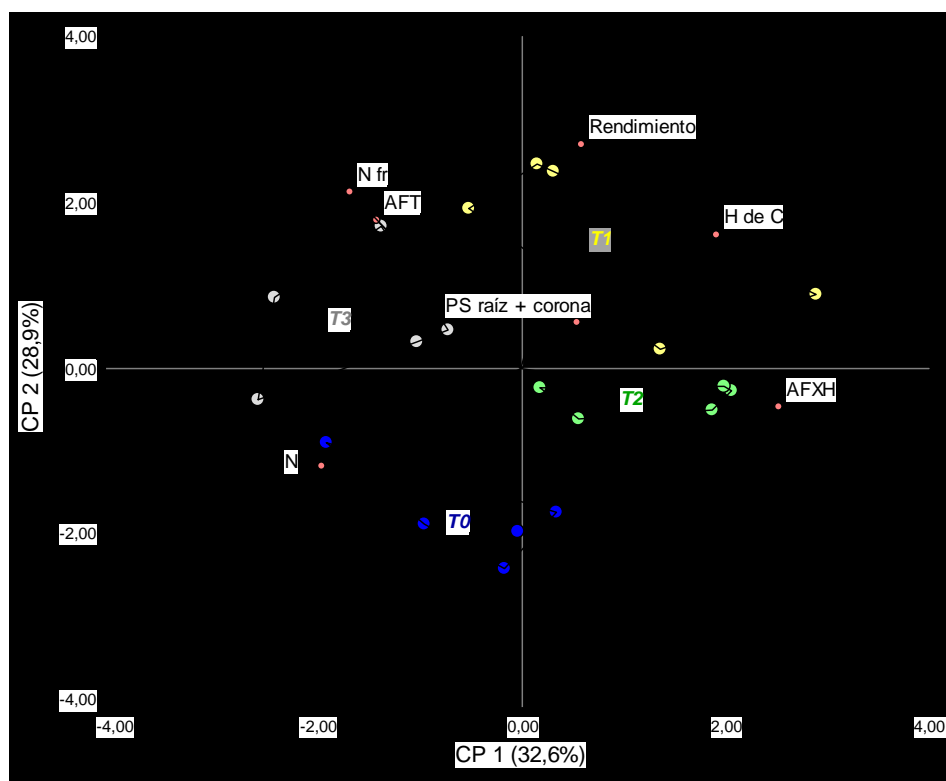


Figura 37: Relación entre el número de frutos por planta (N fr), rendimiento por planta (Rendimiento), área foliar total por planta (AFT), área foliar unitaria (AFXH), PS de raíz y corona (PS raíz + corona), carbohidratos no estructurales en raíz y corona (H de C) y nitrógeno en raíz y corona (N) en plantas de arándanos de la variedad 'Star'. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.3.6.2. Relaciones entre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, la partición de asimilados y las reservas de carbohidratos no estructurales y nitrógeno en la variedad 'O'Neal'

En la variedad 'O'Neal', las variables vegetativas y reproductivas y la materia seca de la raíz y corona se encontraron positivamente relacionadas, mientras que la situación contraria ocurrió con los carbohidratos de reserva. El nitrógeno, en cambio, no se vinculó a ninguna variable de la parte aérea o subterránea de la planta (Fig. 38).

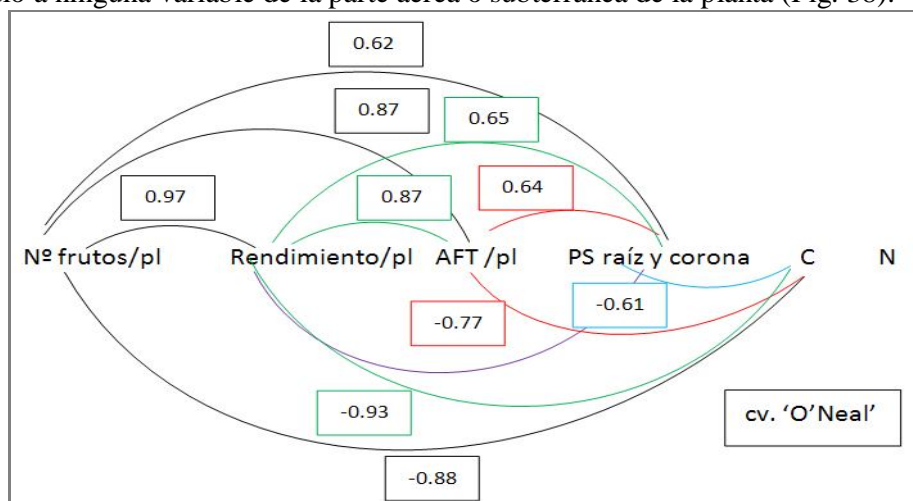


Figura 38: Relaciones entre el número de frutos por planta, rendimiento por planta, área foliar total por planta, PS de raíz y corona, carbohidratos no estructurales en raíz y corona y nitrógeno en raíz y corona en plantas de arándanos de la variedad 'O'Neal'. Las correlaciones fueron significativas según el coeficiente de Pearson con un nivel de significancia del 5%.

Por otro lado, se pudo observar que el tratamiento control (T0) se ubicó cerca de los carbohidratos, pero alejado de las variables vegetativas, reproductivas y de PS de raíz y corona. La situación contraria ocurrió con el tratamiento T2. Los tratamientos T1 y T3 mostraron comportamientos intermedios (Fig. 39).

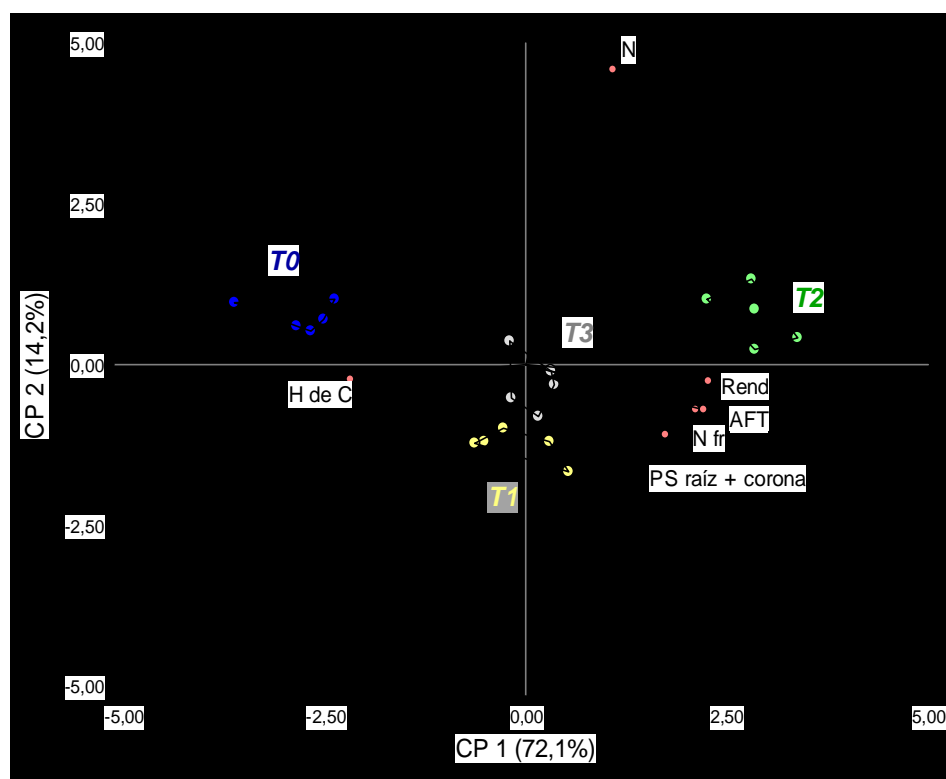


Figura 39: Relación entre el número de frutos por planta (N fr), rendimiento por planta (Rend), área foliar total por planta (AFT), PS de raíz y corona (PS raíz + corona), carbohidratos no estructurales en raíz y corona (H de C) y nitrógeno en raíz y corona (N) en plantas de arándanos de la variedad 'O'Neal'. T0: eliminación del 100% de yemas florales (YF) los dos primeros años; T1: 100% de eliminación de YF el 1° año y 50% en el 2° año; T2: 50% de eliminación de YF en el 1° año y 0% en el 2° año; T3: 0% de eliminación de YF en los dos primeros años.

III.4. Discusión

El efecto de la cosecha temprana sobre la materia seca total y de la raíz y corona fue diferente según el cultivar. En la variedad ‘Star’, el PS total se asoció negativamente con los órganos de crecimiento anual (hojas y frutos) y positivamente con las partes permanentes (ramas primarias y secundarias). En este sentido, las plantas con menor raleo de yemas florales (T2 y T3) presentaron el mayor PS total pero los valores más bajos de PS de frutos y hojas y la situación inversa se observó en el tratamiento T1. El peso seco de la raíz y corona no se relacionó con ninguna variable ni fue afectado por los distintos tratamientos. En el cv. ‘O’Neal’, el PS total también se asoció negativamente con el PS de los frutos y las hojas, pero hubo una fuerte correlación positiva con el PS de la raíz y corona. En este sentido, las plantas del tratamiento T2 presentaron el mayor PS total, y de la raíz y corona, con valores intermedios de hojas y frutos y el caso contrario fue observado en el tratamiento control (T0). Al igual que lo observado en ‘Star’, el peso seco de la raíz y corona no disminuyó con la cosecha temprana sino que por el contrario, el menor crecimiento radical se observó en el tratamiento T0. En plantas jóvenes de otras especies frutales como manzano y caqui, incrementos en la carga frutal produjeron un aumento del peso seco total de la planta, debido a que el fruto promueve una mayor eficiencia fotosintética actuando como principal destino de los asimilados (Avery 1970; Palmer 1992; Lenz 2009; Choi *et al.* 2010; Park 2011). En plantas jóvenes de caqui, la capacidad de destino de los frutos es tan fuerte, que el 94% de la biomasa total es particionada hacia ellos (Park y Kim 2011). En nuestra experiencia, en la variedad ‘O’Neal’ la mayor carga de frutos (Fig. 10 capítulo II) también promovió un aumento significativo del peso seco total en T2 respecto a T0 y T1, aunque los frutos no actuaron como fuertes destinos. Por el contrario, la raíz y corona fueron los destinos que más aumentaron su peso. En ‘Star’, en cambio, la presencia de los frutos no produjo un aumento del peso seco total. Estos resultados podrían explicarse por el hecho que en plantas jóvenes de arándanos los frutos son poco exigentes, actuando como destinos débiles (Pritts y Hancock 1985; Throop y Hanson 1997). En arándanos altos, el PS de la raíz se redujo en un 42% en las plantas que fueron cosechadas durante los dos primeros años del cultivo en comparación con aquellas sin fructificación (Strik y Buller 2004, 2005). Esto se puede deber a que la planta posee un periodo muy breve para recuperarse y crecer luego de la cosecha y antes de la entrada en reposo con condiciones poco propicias para el crecimiento como el otoño. Nuestras variedades disponen de un período de aproximadamente tres meses entre la cosecha y la entrada en reposo, bajo condiciones de temperatura propicias para el crecimiento durante el verano. En ‘Star’, quizás sólo ésta condición sea la necesaria para un buen crecimiento radical ya que éste no se relacionó con ningún componente de la planta ni fue afectado por la presencia o ausencia de los frutos. En cambio, en ‘O’Neal’ el menor crecimiento de la parte aérea (ver Fig. 18 capítulo II) condicionó el crecimiento radical en las plantas control ($r = 0.64$; $p = 0.0023$). En estudios realizados en arándanos altos del sur, cultivados en el hemisferio norte se observó que el efecto de la cosecha temprana sobre la materia seca de la planta fue dependiente del cultivar. En el cv. ‘Santa Fe’, de alto vigor y fructificación ligera, la cosecha temprana no afectó el crecimiento de la planta incluyendo la raíz, mientras que en el cv. ‘Misty’, de bajo vigor y fructificación densa, la mayoría de los órganos y, particularmente las raíces, fueron perjudicados por la cosecha temprana de los frutos (Williamson y NeSmith 2007). Las diferencias con nuestros resultados pueden deberse a que el trabajo mencionado fue

realizado en una única estación de crecimiento y a las distintas intensidades de fructificación de las variedades utilizadas.

El contenido y la concentración de carbohidratos no estructurales en la raíz y corona fueron afectados por la cosecha temprana de distinta manera según los cultivares. En ‘Star’, los tratamientos T1 y T2 presentaron los valores máximos de CNE, mientras que el tratamiento control (T0) fue el más bajo. En ‘O’Neal’, el tratamiento T0 obtuvo el mayor valor de CNE, mientras que el tratamiento T2 ha logrado el menor. En experiencias previas realizadas con plantas jóvenes de arándanos altos del sur (Maust *et al.* 1999b), manzano (Lenz 2009) y caqui (Park 2011; Park y Kim 2011) se observó que el incremento en la carga frutal reduce la concentración de carbohidratos de reserva. En el cv. ‘O’Neal’ también se encontró una fuerte correlación entre el rendimiento acumulado durante los tres años y la concentración de CNE ($r = -0.93$; $p < 0.0001$). Esta relación no fue observada en el cv ‘Star’, no pudiéndose explicar con los datos disponibles el bajo contenido de CNE observado en el tratamiento T0.

El efecto de la cosecha temprana sobre la concentración y el contenido de nitrógeno en la raíz y corona fue diferente según la variedad. Tanto en el cv. ‘Star’ como en ‘O’Neal’, el tratamiento T1 mostró los valores más bajos y los tratamientos T2 y T3 los más altos de contenido de N. La diferencia se observa en las plantas control (T0) donde en ‘Star’ no se diferenció de los tratamientos T2 y T3, mientras que en el cv. ‘O’Neal’, este se mantuvo en los valores más bajos de contenido de N. Éstos resultados no coinciden con los encontrados en otros cultivos frutales, tanto en plantas adultas de ciruelo europeo y pistacho (Weinbaum *et al.* 1994; Rosecrance *et al.* 1996) como en plantas jóvenes de caqui (Choi *et al.* 2010), donde incrementos en la carga frutal redujeron el N almacenado en las raíces a cosecha, al actuar los frutos como destinos fuertes. Sin embargo, cabe destacar que en el cv. ‘O’Neal’ el nitrógeno no se relacionó con ninguna variable (Fig. 38) y que en ‘Star’ sólo se asoció débilmente a los carbohidratos (Fig. 36).

La relación negativa entre la concentración de CNE y la de N en la variedad ‘Star’ también fue observada en plantas jóvenes de manzano (Cheng y Fuchigami 2002), y se explica por el hecho que la asimilación de N requiere de la energía y de los esqueletos carbonados que proveen los carbohidratos, y que para el metabolismo del carbono es importante la maquinaria fotosintética cuyo desarrollo depende de la provisión de N (Cheng y Fuchigami 2002).

III.5. Conclusión

En base a los resultados obtenidos se concluye que la cosecha temprana es una práctica factible para las variedades precoces de arándanos altos del sur ‘Star’ y ‘O’Neal’ cultivadas en regiones templado-cálidas como la provincia de Buenos Aires. En plantas jóvenes de la variedad ‘Star’ la presencia de los frutos no modificó el crecimiento radical ni perjudicó la concentración de las sustancias de reserva. En cambio en el cv. ‘O’Neal’, la ausencia de los frutos durante los dos primeros años del cultivo restringió el crecimiento radical y favoreció la acumulación de reservas mientras que en las plantas que fructificaron escalonadamente desde la implantación, el crecimiento de la raíz fue mayor, aunque disminuyeron las reservas carbonadas. En términos relativos, el vigor de la variedad no mostró un efecto claro de la influencia de la cosecha temprana sobre las variables analizadas.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN GENERAL

Las plantas jóvenes de arándanos altos del sur, variedades ‘Star’ y ‘O’Neal’ cultivadas en la región templado-cálida de la provincia de Buenos Aires presentaron diferentes respuestas tanto en la parte aérea como subterránea de la planta al aplicarse la práctica de la cosecha temprana.

La ausencia de los frutos durante los dos primeros años del cultivo no resultó ser una opción adecuada para ambas variedades bajo nuestras condiciones de cultivo. En la variedad ‘Star’, al final del ensayo, las plantas control no manifestaron un mayor desarrollo vegetativo con respecto a las plantas cosechas tempranamente, donde el área foliar total por planta, una variable determinante para el proceso vegetativo, no mostró efecto de los tratamientos (Fig. 14). En el cv. ‘O’Neal’, la ausencia de los frutos durante los dos primeros años produjo un menor crecimiento vegetativo en las plantas sometidas a este tratamiento (Fig. 18). Si bien la poda de las ramas fructíferas en el primer año del experimento resultó en un menor desarrollo del área foliar en ese periodo vegetativo en ambos cultivares, ‘Star’ pudo compensarlo a través de los años (Fig. 15), pero no sucedió lo mismo en el cv. ‘O’Neal’ donde el efecto persistió en el segundo año y se agudizó con la presencia del fruto en el último periodo (Fig. 19). Esta situación marca las diferencias con los resultados encontrados en otras especies frutales (Schechter *et al.* 1994; Weinbaum *et al.* 1994a) y en AAS cultivados en el hemisferio norte (Maust *et al.* 1999a, 1999b, 2000) donde el incremento en la carga frutal disminuyó el área foliar de la planta debido a una mayor competencia por los recursos entre ambos procesos. Ambos cultivares tampoco pudieron compensar en el último periodo productivo el rendimiento alcanzado por las plantas con cosecha temprana como sí fue observado en arándanos altos (Strik y Buller 2005). Por otro lado, nuestras variedades no tuvieron al fruto como principal destino de los asimilados (materia seca) (Avery 1970; Palmer 1992; Choi *et al.* 2010; Park 2011), ni de las reservas carbonadas como sucede en arándanos altos del sur (Maust *et al.* 1999b) y en manzano y caqui (Lenz 2009; Park 2011; Park y Kim 2011), ni de las reservas nitrogenadas (Weinbaum *et al.* 1994b; Rosecrance *et al.* 1996; Choi *et al.* 2010), por lo que su ausencia no favoreció el crecimiento de otros componentes de la planta, lo que sí sucedió en arándanos altos (Strik y Buller 2005) y otras especies frutales (Palmer 1992; Choi *et al.* 2010; Park 2011; Park y Kim 2011). De hecho, en el cv. ‘O’Neal’, el crecimiento radical fue perjudicado por el menor desarrollo del área foliar de las plantas sin fruto, demostrándose la existencia de una estrecha relación positiva entre el área foliar total de la planta y el peso seco de la raíz y corona, mientras que la mayor acumulación de carbohidratos en estas plantas se asoció al menor crecimiento que obtuvo este órgano (Fig. 38).

En ambas variedades, la presencia de las yemas florales desde el momento de la implantación (T2 y T3) no condicionó el rendimiento al segundo año; en cambio la cantidad de yemas florales al segundo año sí afectó la productividad en el último periodo (Tabla 3 y 4). En el cv. ‘Star’, el crecimiento vegetativo, principalmente el área foliar total (Fig. 14), el peso seco total de la planta y de las partes permanentes, raíz y corona, ramas primarias y secundarias (Fig. 27), y las sustancias de reserva (Tabla 6 y 8) no fueron afectados negativamente por la cosecha temprana. De manera similar, en el cv. ‘O’Neal’ la cosecha temprana no comprometió el crecimiento vegetativo (Fig. 18), el peso seco total de la planta incluyendo la raíz y corona (Fig. 30), y las reservas nitrogenadas (Tabla 9). Sin embargo, en esta variedad la cosecha temprana redujo la

concentración de los carbohidratos en la raíz, principalmente en el tratamiento T2. Si bien, el arándano no es considerado una especie vecera (Monselise y Goldschmidt 1982) en plantas jóvenes se ha observado que la cosecha temprana en los dos primeros años reduce el número de yemas florales al tercer año (Strik y Buller 2005). Este fenómeno también fue observado en nuestro experimento ya que las plantas que presentaron una alta cantidad de frutos durante el segundo año mostraron una baja diferenciación de yemas florales que condicionó el rendimiento en el tercer periodo (Tabla 3 y 4).

Por lo expuesto, permitirle a la planta fructificar desde el primer año aumentaría los rendimientos acumulados sin comprometer la producción al segundo año ni la producción total de los tres años. Sin embargo, para que la práctica de la cosecha temprana sea exitosa en estas variedades y bajo nuestras condiciones de cultivo es crítico el ajuste de la carga en el segundo año para evitar la caída en el rendimiento del último periodo como sucedió en los tratamientos T2 y T3 de ambas variedades. Además, debido a la diferencia en el número de yemas florales por planta entre ambos cultivares, el raleo de las yemas florales en el cv. 'Star' debería ser mayor respecto a 'O'Neal' en el segundo periodo productivo.

En base a estos resultados, ninguno de los tratamientos evaluados sería el recomendable para la zona de la provincia de Buenos Aires ya que la planta debería dejarse fructificar libremente durante el primer año y dejar no más del 50% de las yemas florales al segundo año.

Validación de la hipótesis

Estos resultados validan parcialmente la hipótesis planteada en el presente trabajo, ya que las variedades precoces de arándanos altos del sur, cvs. ‘Star’ y ‘O’Neal’ permiten la cosecha temprana bajo las condiciones agroclimáticas de clima templado-cálido preponderantes en la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, la factibilidad de esta práctica no aumenta con el vigor de la variedad.

Aporte al conocimiento científico

Este trabajo permitió:

- Conocer el comportamiento de la parte aérea, tanto vegetativa como reproductivamente, de plantas jóvenes de dos variedades distintas de AAS, ante la práctica de la cosecha temprana.
- También se estableció el comportamiento de las partes perennes de estas plantas, en cuanto al crecimiento de los distintos órganos y de la planta completa y la acumulación de sustancias de reservas en la raíz y corona ante dicha práctica.
- Producto de la información generada en los dos puntos anteriores se pudo establecer el efecto de la cosecha temprana sobre la planta completa, aportando una herramienta útil para el manejo del productor de arándano de zonas templado-cálidas como es el caso de la provincia de Buenos Aires.

Investigaciones futuras

En función de los resultados positivos generados por el raleo de yemas florales en la presente tesis de maestría se plantean como futuras investigaciones:

- Estudiar la posibilidad de utilizar raleadores químicos, que permitan eficientizar el tiempo de raleo y disminuir los gastos asociados a la mano de obra. Para ello se deberían plantear ensayos donde se evalúen los posibles productos químicos a utilizar (como por ejemplo, cianamida hidrogenada) a diferentes dosis y tiempos de aplicación.
- Los ensayos de esta tesis fueron localizados en la provincia de Buenos Aires donde la planta se comporta como caducifolia. Podrían realizarse ensayos comparativos en otras zonas de producción como por ejemplo en la provincia de Tucumán donde debido a las condiciones de clima preponderantes la planta tiene un comportamiento más bien perennifolio.

CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN GENERAL

La cosecha temprana es una práctica factible en las variedades de arándanos altos del sur ‘Star’ y ‘O’Neal’ cultivadas en regiones templado-cálidas como la provincia de Buenos Aires. Los máximos rendimientos se obtuvieron en las plantas con fructificación progresiva durante los dos primeros años. No se recomienda el raleo de las yemas florales en el primer año ya que no condiciona la producción posterior. En cambio, el ajuste de la carga de los frutos durante el segundo año resulta ser decisivo para asegurar el éxito de la práctica de la cosecha temprana en ambas variedades. De esta manera la cosecha temprana permitiría al productor recuperar parte de los gastos de implantación además de mejorar el comportamiento general de las plantas. En términos relativos, el vigor de la variedad no mostró un efecto claro de la influencia de la cosecha temprana sobre las variables analizadas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, J.D. y Gough, R.E. 1987. Seasonal development of highbush blueberry roots under sawdust mulch. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(1): 60–62.
- A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists). 1965. Method of analysis. (10th ed.). Ed.: The Association. Washington D.C. USA.
- Argentinean Blueberry Committee. 2012. Información estadística. Disponible en: <http://www.argblueberry.com> Consultado el 17/04/2012.
- Avery, D.J. 1970. Effects of fruiting on the growth of apple trees on four rootstocks varieties. *New Phytologist*. 69: 19-30.
- Bañados, P. 2005. Claves para la poda de arándanos. *Voz académica, Agronomía y Forestación*. 25: 28–31.
- Bañados, M.P. 2006. Biomass and nitrogen partitioning in mature highbush blueberry as affected by planting density. Doctor of Philosophy Thesis, Oregon State University, Corvallis, Ore., USA.
- Bañados, P., Donnay, D. y Uribe, P. 2007. Poda en verde en arándanos. *Voz Académica. Agronomía y Forestal* 31: 16–19.
- Bañados, M.P.; Strik, B.; Bryla, D. y Righetti, T. 2012. Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment, I: Accumulation and allocation of fertilizer nitrogen biomass. *HortScience* 47(5):648-655.
- Birkhold, K., Koch, K. y Darnell, R. 1992. Carbon and nitrogen economy of developing rabbiteye blueberry fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117: 139-145.
- Birkhold, K. y Darnell, R. 1993. Contribution of storage and currently assimilated nitrogen to vegetative and reproductive growth of Rabbiteye Blueberry. *J. Amer. Soc. Hort Sci.* 118(1): 101-108.
- Borda, M. P., Pescie, M. A. y Gariglio, N. F. 2010. Cosecha temprana en arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum* híbrido interespecífico). Efectos sobre el crecimiento vegetativo. Libro de resúmenes del XXXIII Congreso Argentino de Horticultura ASAH. Rosario, Santa Fe, Argentina. F FC 009, p. 101.
- Cannell, M.G.R. 1985. Dry matter partitioning in tree crops. In: Cannell, M.G.R., Jackson, J.E. (eds). *Attributes of trees as crop plants*. Abbotts Ripton, Institute of Terrestrial Ecology: 160-193.
- Cheng, L. y Fuchigami, L.H. 2002. Growth of young apple trees in relation to reserve nitrogen and carbohydrates. *Tree Physiology* 22: 1297-1303.
- Choi, S.T., Park, D.S., Kang, S.M. y Cho, Y.Ch. 2010. Effect of fruit-load on the growth, absorption, and partitioning of inorganic nutrients in young ‘Fuyu’ persimmon trees. *Scientia Horticulturae* 126: 408–412.
- Clegg, K.M. 1956. The application on the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *J. Sci. Food Agric.* 7: 40–44.
- Darnell, R. 2006. Blueberry Botany/Environmental Physiology. En: Childers, N.F. y Lyrene, P.M. (eds). *Blueberries, for growers, gardeners, promoters*. Gainesville, Fla. 5-13.
- Deng, X.; Weinbaum, S.A.; DeJong, T. M. y Muraoka, T. T. 1989. Utilization of nitrogen from storage and current-year uptake in walnut spurs during the spring flush of growth. *Physiologia Plantarum*. 75(4):492-498.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dodge, J.C. 1981. Pruning blueberries. Washington State University. Cooperative Extension Service. EB 0855.

- Eck, P.; Gough, R.E.; Hall, I.V. y Spiers, J.M. 1990. Blueberry management. Pp 273-333 en Galletta, G.J. y Himelrick, D.G. (eds). Small fruit crop management. Editorial Prentice Hall.
- Ehlenfeldt, M.K., Draper, A.D. y Clark, J.R. 1995. Performance of Southern Highbush Blueberry Cultivars Released by the U.S. Department of Agriculture and Cooperating State Agricultural Experiment Stations. HortTechnology 5(2): 127 - 130.
- Gordó, M. 2008. Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires, INTA – EEA. San Pedro. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/sanpedro/> Consultado: 27/2/2009.
- Gough, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. Food Products Press. New York .USA. 139–141.
- INTA Castelar (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2012. Sistema de Información Clima y Agua. Estadísticas Agroclimáticas 1960–2011. Disponible en: <http://climayagua.inta.gob.ar/> Consultado el 10/12/2012.
- Kim, Y.K.; Lim, Ch. Sh.; Kang, S. M. y Cho, J. L. 2008. Root storage of nitrogen applied in autumn and its remobilization to new growth in spring of persimmon trees (*Diospyros kaki* cv. Fuyu). Scientia Horticulturae 119(2): 193-196.
- Köpen, W. 1931. Grundriss der Klimakunde, Walter De Gruyter & Co. Berlin und Leipzig. Aufl. XII. 388 p.
- Lenz, F. 2009. Fruit effects on the dry matter- and carbohydrate distribution in apple tree. Acta Hort. 835, 21-38.
- Lockwood, D. 1999. Pruning Blueberries. Agricultural Extension Service. University of Tennessee. SP 284-E. Disponible en: <http://extension.tennessee.edu/publications/spfiles/SP284-E.pdf> Consultado el 20/4/2012.
- Loescher, W.H., McCamant, T. y Keller, J.D. 1990. Carbohydrates reserves, translocation and storage in woody plants root. HortScience 25(3): 274-281.
- Lyrene, P.M. y Sherman, W.B. 2000. ‘Star’ Southern Highbush Blueberry. HortScience 35 (5): 956-957.
- Lyrene, P.M. y Ballington, J.R. 2006. Varieties and their characteristics. En: Childers, N.F. y Lyrene, P.M. (eds). Blueberries, for growers, gardeners, promoters. Gainesville, Fla. 26-37.
- Maust, B.E., Williamson, J.G. y Darnell, R.L. 1999a. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field-grown southern highbush blueberry. HortScience 34(4): 607-610.
- Maust, B.E., Williamson, J.G. y Darnell, R.L. 1999b. Effects of flower bud density on vegetative and reproductive development and carbohydrate relations in southern highbush blueberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124(5): 532–538.
- Maust, B.E., Williamson, J.G. y Darnell, R.L. 2000. **Carbohydrate reserve concentrations and flower bud density effects on vegetative and reproductive development in southern highbush blueberry.** J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125: 413-419.
- Millard, P. y Neilsen, G.H. 1989. The influence of nitrogen supply on the uptake and remobilization of stored nitrogen for the seasonal growth of apple trees Annals of Bot. 63:301-309.
- Monselise, S.P., and E.E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. In: J. Janik, ed. Horticultural Rev. 4:128-173.
- NeSmith, D.S. 1991. Nondestructive leaf area estimation of rabbiteye blueberries. Hortscience 26(10): 1332.

- Oliveira, C.M. y Priestley, C.A. 1988. Carbohydrate reserves in deciduous fruit trees. Hort. Rev. 10: 403–430
- Palmer, J.W. 1992. Effects of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/ M.27 apple trees. Tree Physiology 11: 19-33.
- Park, S.J. 2011. Dry weight and carbohydrate distribution in different tree parts as affected by various fruit-loads of young persimmon and their effect on new growth in the next season. Scientia Horticulturae 130: 732–736.
- Park, S.J. y Kim, Y.K. 2011. Defruiting effect of young Fuyu persimmon (*Diospyros kaki*) on assimilate partitioning in-season and early growth the next season. Scientia Horticulturae 130: 197–202.
- Pescie, M.A. y Lovisolo, M. 2005. Comportamiento en la floración y fructificación de Arándano (*Vaccinium corymbosum*) en las variedades O'Neal, Misty y Sharpblue en la Provincia de Buenos Aires. Resúmenes del Primer Congreso Latinoamericano de Arándano y Otras Berries. FAUBA, p. 6.
- Pescie, M.A. y López, C.G. 2007. Inducción floral en Arándano Alto del Sur (*Vaccinium corymbosum*) Var O'Neal. RIA 36(2): 97-107.
- Pescie, M.; Lovisolo, M.; De Magistris, A.; Strik, B. y López, C. 2011. Flower bud initiation in southern highbush blueberry cv. O'Neal occurs twice per year in temperate to warm-temperate conditions. Journal of Applied Horticulture, 13(1): 8-12.
- Pritts, M. P. y Hancock, J. F. 1985. Lifetime biomass partitioning and yield component relationships in the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae). Amer. J. Bot. 72:446-452.
- Pritts, M.P. y Hancock, J.F. 1992. Highbush blueberry production guide NRAES – 55, Ithaca, NY.
- Pritts, M.P. 2004. Blueberry pruning and rejuvenation. New York Berry News 3(2): 4-5.
- Pritts, M.P. 2006. Notes on blueberry pruning, rejuvenation. En: Childers, N.F y Lyrene, M.P. (eds). Blueberries, for growers, gardeners, promoters Gainesville, Fla. 84-85.
- Retamales, J.B. y Hanson, E.J. 1989. Fate of ¹⁵N-labeled urea applied to mature highbush blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:920-923.
- Rivadeneira, M.F. y Kirschbaum, D. 2010. INTA – Programa Nacional Frutales – Cadena arándano.
- Ros, P.; Hansen, L.; Marcozzi, P.; Gordó, M.; López Serrano, F.; Heguiabeheri, A.; Biblia, J.; Bisi, M y Basualda, B. 2004. Censo de Productores de Arándanos. Partido de San Pedro, 2004.
- Rosecrance, R. C.; Weinbaum, S. A. y Brown, P. H. 1996. Assessment of nitrogen, phosphorus, and potassium uptake capacity and root growth in mature alternate-bearing pistachio (*Pistacia vera*) trees. Tree Physiol. 16, 949 – 956.
- SAS. 2009. SAS Institute Inc.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2007a. Dirección Nacional de Alimentos. Dirección de Industria Alimentaria. Sector Frutas. Frutas finas berries. Cadena Alimentaria. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/> Consultado el 27/05/2008.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). 2007b. Dirección Nacional de Alimentos. Dirección de Industria Alimentaria. Informe de Coyuntura mensual. Arándano. Disponible en: <http://www.minagri.gob.ar/> Consultado el 15/12/2009.

- Schechter, I., Proctor, J.T.A. y Elfving, D.C. 1994. Apple fruit removal and limbs girdling affect fruit and leaf characteristics. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 157-162.
- SENASA. 2012. Oficina de Estadísticas de Comercio Exterior. Frutas Frescas. Disponible en: <http://www.senasa.gov.ar/> Consultado el 27/1/2012.
- Strik, B. y Buller, G. 2004. Effect of in-row spacing and early cropping on yield and dry weight partitioning of tree highbush blueberry cultivars the first two years after planting. *Small Fruits Rev* 3: 141-147.
- Strik, B. y Buller, G. 2005. The impact of early cropping on subsequent growth and yield of highbush blueberry in the establishment years at two planting densities is cultivar dependant. *HortScience* 40(7): 1998-2001.
- Strik, B. y Yarborough, D. 2005. Blueberry production trends in North America 1992 to 2003, and predictions for growth. *Hortechonology* 15: 391-397.
- Taylor, B.K. y May, L.H. 1967. The nitrogen nutrition of the peach tree. II. Storage and mobilization of nitrogen in young trees. *Aust. J. Biol. Sci.* 20:389-411.
- Throop P. y Hanson, R. 1997. Effect of application date on absorption of ¹⁵Nitrogen by highbush bluebeny. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122: 422-426.
- Trehane, J. 2004. Blueberries, Cranberries and other *Vacciniums*. Royal Horticultural Society. Plant Collector Guide. Timber Press. United States of America.
- Tromp, J. 1983. Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. *Plant and Soil* 71: 401-413.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2011a. National Agricultural Statistics Service (NASS) Noncitrus Fruits and Nuts. Preliminary Summary. March 2012. Disponible en: <http://www.nass.usda.gov/> Consultado el 10/04/2012.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2011b. Economic Research Service (ERS) Fruits and Tree Nuts. Disponible en: <http://www.ers.usda.gov/> Consultado el 10/04/2012.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2012. Agricultural Research Service. National Agricultural Library. Nutrient Data Laboratory. Nutrient data for 09050, Blueberries, raw. Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/> Consultado el 11/04/2012.
- Villata, M. 2012. Trends in world blueberry production. Disponible en: <http://www.growingproduce.com>. Consultado el 4/04/2012.
- Weber, M.E., Pilatti, R.A., Sordo, M.H., García, M.S., Castro, D. y Gariglio, N.F. 2011. Changes in the vegetative growth of the low-chill peach tree in response to reproductive shoot pruning after harvesting. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* 39 (3): 153-160.
- Weinbaum, S.A., Picchioni, G.A., Muraoka, T.T., Ferguson, L. y Brown, P.H. 1994a. Fertilizer nitrogen and boron uptake, storage, and allocation vary during the alternate-bearing cycle in pistachio trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 24-31.
- Weinbaum, S. A.; Niederholzer, F. J. A.; Ponchner, S.; Rosecrance, R. C.; Carlson, R. M.; Whittlesey, A. C. y Muraoka, T. T. 1994b. Nutrient uptake by cropping and defruited field-grown 'French' prune trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(5): 925-930.
- Weinbaum, S.A. y Van Kessel, C. 1998. Quantitative estimates of uptake and internal cycling of ¹⁴N-labeled fertilizer in mature walnut trees. *Tree Physiol.* 18:795-801.

- Williamson, J.G., Davies, F.S. y Lyrene, P.M. 2004. Pruning blueberry plants in Florida. Horticultural Sciences 985. University of Florida and Institute of Food and Agricultural Science (UF/IFAS). 1-5.
- Williamson, J.G. y NeSmith, D.S. 2007. Evaluation of flower bud removal treatments on growth of young blueberry plants. HortScience 42(3): 571-573.
- Yarborough, D.E. 2006. Blueberry pruning and pollination, En: Childers, N.F. and Lyrene, P.M. (eds). Blueberries for growers, gardeners, promoters. Publications Gainesville. 75-83.